

**PENGARUH LAMA WAKTU CURING TERHADAP NILAI CBR DAN SWELLING
PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI BOJONEGORO
DENGAN PENCAMPURAN 6% ABU SEKAM PADI**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

FERDIAN BUDI SAPUTRA
NIM. 105060102111001

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2014

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kepada Allah yang Maha Esa, yang senantiasa memberikan berkat, kekuatan, dan kemudahan kepada saya sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **"Pengaruh Lama Waktu *Curing* Terhadap Nilai CBR Dan *Swelling* Pada Tanah Lempung Ekspansif Di Bojonegoro Dengan Campuran 6% Abu Sekam Padi"** ini.

Skripsi yang disusun untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik ini, diharapkan dapat membantu ilmu pengetahuan khususnya pengembangan dalam bidang Geoteknik. Selain itu, pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Eng. Yulvi Zaika, ST., MT. dan Ir. Harimurti, MT., sebagai dosen pembimbing atas segala arahan, masukan dan bimbingan yang telah diberikan.
2. Ir. Sugeng P. Budio, MS. dan Ir. Siti Nurlina, MT. selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan yang membantu kelancaran skripsi ini.
3. Dr. Eng. Indradi Wijatmiko ST., M. Eng (Prac) selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil yang sangat membantu dalam kelancaran skripsi ini.
4. Eko Andi Suryo, ST., MT., Ph.D, Ir. Suroso Dipl. HE., M. Eng., MT, Dr. Ir. Arief Rachmansyah, dan Ir. As'ad Munawir, MT., sebagai dosen Geoteknik yang telah memberikan saran dan masukan pada skripsi ini.
5. Ir. Prastumi, MT. dan M. Hamzah Hasyim, ST., M. Eng. Sc., sebagai dosen pembimbing akademik yang telah memberikan banyak saran dan nasehat dalam perkuliahan.
6. Bapak Ibu Dosen Teknik Sipil yang telah memberikan saran dan masukan pada skripsi ini.
7. Mbak Indah dan Mbak Asmi sebagai Admin Laboratorium Mekanika Tanah yang telah memberi bantuan untuk kelancaran pengerjaan skripsi ini.
8. Pak Ketut sebagai Teknisi Mekanika Tanah yang telah membantu pada penelitian ini.
9. Pak Hadi yang telah membantu dalam kelancaran pengerjaan skripsi ini.
10. Orang tua dan kakak tercinta atas bantuan moral serta materi yang membantu saya dalam penyelesaian skripsi ini.
11. Benny, Zaki, Restu, dan Yanuar yang merupakan teman seperjuangan penelitian yang telah bekerja keras tidak kenal lelah dalam menyelesaikan skripsi ini.

12. Vemmy, Fabre, Seno, Riska, Danny, dan Fery yang membantu dan menemani dalam pengerjaan skripsi ini.
13. Kakak senior yang telah sangat membantu dalam menyelesaikan skripsi ini (Mas Malik, Mas Rofi, Mas Ody)
14. Dan teman-teman 2010 serta pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dengan segala keterbatasan kemampuan sebagai manusia biasa tentunya skripsi ini sangat jauh dari kata sempurna. Karena itu saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Malang, 19 Juli 2014

Penyusun

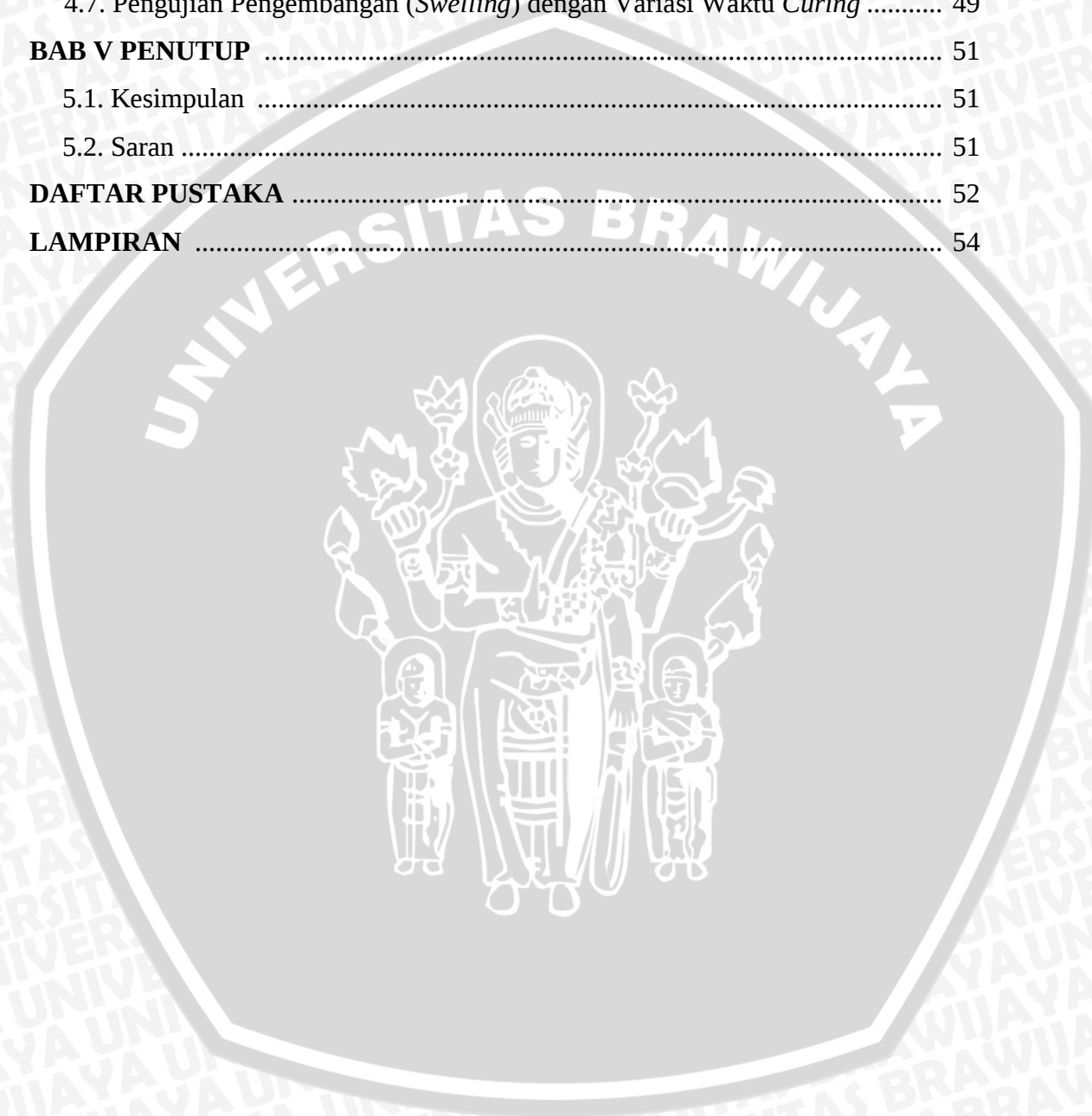


DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
RINGKASAN	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Rumusan Masalah.....	3
1.4. Pembatasan Masalah	4
1.5. Tujuan Penelitian	4
1.6. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Tanah Lempung	6
2.1.1. Pengertian Tanah Lempung	6
2.1.2. Mineral Lempung	7
2.1.2.1. Kaolinit	7
2.1.2.2. Illit	9
2.1.2.3. Montmorilonit	9
2.1.3. Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif	11
2.2. Stabilisasi Tanah Lempung dengan Zat Aditif	12
2.2.1. Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Abu Sekam Padi.....	12
2.3. Analisis Saringan	13
2.3.1. Tanah Berbutir Kasar	13
2.3.2. Tanah Berbutir Halus	14
2.4. Pengujian <i>Index Properties</i> Tanah Di Laboratorium	16
2.4.1. G_s (<i>Specific Gravity</i>)	16
2.4.2. <i>Atterberg Limit</i> (Batas-batas Susut)	17
2.4.2.1. Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>)	18
2.4.2.2. Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>)	19
2.4.2.3. Batas Susut (<i>Shrinkage Limit</i>)	19

2.4.2.4. Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Index</i>)	20
2.5. Klasifikasi Tanah	21
2.5.1. Berdasarkan <i>Unified Soil Classification System</i> (USCS)	21
2.5.2. Berdasarkan AASHTO	22
2.6. Pemadatan Tanah	24
2.6.1. Percobaan Pemadatan Standar (<i>Standard Compaction Test</i>)	24
2.7. <i>California Bearing Ratio</i> (CBR) Laboratorium	28
2.8. <i>Swelling</i> (Pengembangan)	29
2.8.1. Pengujian Persentase Mengembang	30
2.8.2. Pengujian Tekanan Pengembangan	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1. Waktu dan Tempat	31
3.2. Perlakuan Benda Uji	31
3.3. Bahan dan Alat	31
3.4. Rancangan Penelitian	33
3.5. Pengujian	33
3.6. Metode <i>Curing</i>	34
3.7. Analisis Data	34
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Pengujian <i>Specific Gravity</i>	35
4.2. Klasifikasi Tanah	36
4.2.1. Analisis Saringan dan Hidrometer	36
4.2.2. Pengujian Batas-batas <i>Atterberg</i>	37
4.2.3. Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS	37
4.2.4. Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO	37
4.2.5. Sifat Ekspansifitas.....	38
4.3. Pengujian Pemadatan Standar	38
4.4. Pengujian CBR Laboratorium	41
4.4.1. Pengujian CBR Tak Terendam (<i>Unsoaked</i>)	41
4.4.2. Pengujian CBR Terendam (<i>Soaked</i>)	43
4.4.3. Perbandingan Antara CBR <i>Unsoaked</i> dan CBR <i>Soaked</i>	44
4.5. Pengujian Pengembangan (<i>Swelling</i>)	45
4.6. Pengujian CBR Laboratorium dengan Variasi Waktu <i>Curing</i>	46

4.6.1. Pengujian CBR Tak Terendam (<i>Unsoaked</i>) dengan Variasi Waktu <i>Curing</i>	46
4.6.2. Pengujian CBR Terendam (<i>Soaked</i>) dengan Variasi Waktu <i>Curing</i> ..	47
4.6.3. Perbandingan Antara CBR <i>Unsoaked</i> dan CBR <i>Soaked</i> dengan Variasi Waktu <i>Curing</i>	49
4.7. Pengujian Pengembangan (<i>Swelling</i>) dengan Variasi Waktu <i>Curing</i>	49
BAB V PENUTUP	51
5.1. Kesimpulan	51
5.2. Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN	54



DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah	6
Tabel 2.2	Kekuatan Lempung	7
Tabel 2.3	Kriteria Pengembangan Berdasarkan IP	11
Tabel 2.4	Saringan Standar Amerika	14
Tabel 2.5	<i>Specific Gravity</i>	17
Tabel 2.6	Harga Batas Atterberg Mineral Lempung	18
Tabel 2.7	Klasifikasi Tanah dengan USCS	21
Tabel 2.8	Klasifikasi Tanah dengan AASHTO	23
Tabel 2.9	Spesifikasi Uji Pemadatan	27
Tabel 3.1	Rancangan Penelitian	33
Tabel 4.1	Hasil pengujian <i>specific gravity</i>	34
Tabel 4.2	Hasil pengujian batas-batas <i>atterberg</i>	36
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Pemadatan Standar	39
Tabel 4.4	Hasil CBR Tak Terndam (<i>Unsoaked</i>)	40
Tabel 4.5	Hasil CBR Terendam (<i>Soaked</i>)	41
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Pengembangan (<i>Swelling</i>)	44
Tabel 4.7	Hasil CBR Tak Terendam (<i>Unsoaked</i>) dengan Variasi Waktu <i>Curing</i>	45
Tabel 4.8	Hasil CBR Tak Terendam (<i>Unsoaked</i>) dengan Variasi Waktu <i>Curing</i>	47
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Pengembangan (<i>Swelling</i>) dengan Variasi Waktu <i>Curing</i>	48

DAFTAR GAMBAR

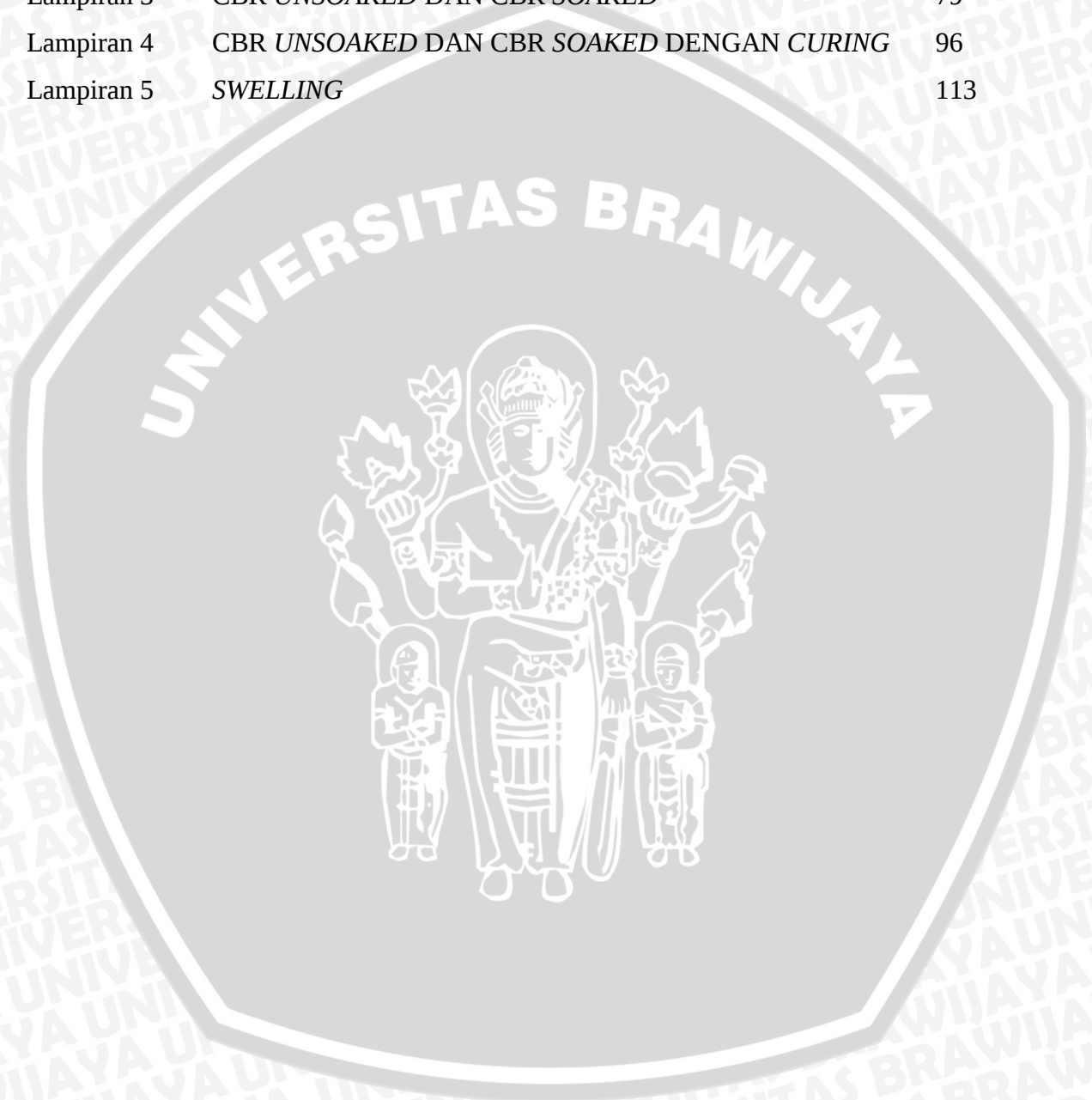
No	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Mineral Lempung Kaolinit	8
Gambar 2.2	Mineral Lempung Illit	9
Gambar 2.3	Skema Montmorilonit	10
Gambar 2.4	Tingkat <i>activity</i> pada <i>swelling potensial</i>	12
Gambar 2.5	Hidrometer	15
Gambar 2.6	Analisis distribusi ukura butiran	16
Gambar 2.7	Batas-batas Atterberg	17
Gambar 2.8	Batas cair	18
Gambar 2.9	Definisi Batas Susut	20
Gambar 2.10	Batas Atterberg	21
Gambar 2.11	Batas-batas Atterberg untuk kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7	23
Gambar 2.12	Alat uji <i>Proctor</i>	25
Gambar 2.13	Kurva hubungan kadar air dengan berat volume kering	26
Gambar 2.14	Percobaan CBR	28
Gambar 2.15	Uji <i>Swelling</i>	30
Gambar 4.1	Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap nilai <i>specivic gravity</i>	34
Gambar 4.2	Analisis Saringan dan Hidrometer	35
Gambar 4.3	Klasifikasi <i>swelling potensial</i>	37
Gambar 4.4	Perbandingan hasil pemadatan tiap campuran abu sekam padi	38
Gambar 4.5	Hubungan Antara Penambahan Kadar Abu Sekam dengan Berat Isi Kering	39
Gambar 4.6	Perbandingan Nilai CBR <i>Unsoaked</i> dengan Variasi Kadar Abu Sekam Padi	40
Gambar 4.7	Perbandingan Nilai CBR <i>Soaked</i> dengan Variasi Kadar Abu Sekam Padi	42
Gambar 4.8	Perbandingan Antara CBR <i>Unsoaked</i> dan CBR <i>Soaked</i>	43
Gambar 4.9	Perbandingan Nilai <i>Swelling</i> dengan masing-masing Kadar Abu Sekam Padi	44
Gambar 4.10	Perbandingan Nilai CBR Tak Terendam dengan Variasi Waktu <i>Curing</i>	46

Gambar 4.11	Perbandingan Nilai CBR Terendam dengan Variasi Waktu <i>Curing</i>	47
Gambar 4.12	Perbandingan Nilai CBR <i>Unsoaked</i> dan CBR <i>Soaked</i>	48
Gambar 4.13	Perbandingan Nilai <i>Swelling</i> Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi dengan Variasi Waktu <i>Curing</i>	49



DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
Lampiran 1	Sifat Fisik Tanah	53
Lampiran 2	Data Pemadatan	70
Lampiran 3	CBR <i>UNSOAKED</i> DAN CBR <i>SOAKED</i>	79
Lampiran 4	CBR <i>UNSOAKED</i> DAN CBR <i>SOAKED</i> DENGAN <i>CURING</i>	96
Lampiran 5	<i>SWELLING</i>	113



RINGKASAN

Ferdian Budi Saputra, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2014, *Pengaruh Lama Waktu Curing Terhadap Nilai CBR Dan Swelling Pada Tanah Lempung Ekspansif Di Bojnegoro Dengan Pencampuran 6% Abu Sekam Padi*, Dosen Pembimbing : Yulvi Zaika dan Harimurti

Tanah lempung ekspansif tersebar hampir 20% tanah di Pulau Jawa. Kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur merupakan salah satu wilayah yang sebagian besar tanahnya merupakan lempung ekspansif. Tanah ini memiliki keunikan dapat mengembang dan menyusut apabila terjadi perubahan kadar air di dalamnya. Kunikkan tanah ini dapat berakibat buruk untuk bangunan atau struktur yang ada di atasnya. Dengan potensi kembang susut yang tinggi dapat merusak struktur yang ada di atasnya. Akibat sifatnya merugikan diperlukan stabilisasi untuk mengurangi potensi kembang susutnya yang besar itu yang salah satu caranya dengan mencampur zat aditif.

Zat aditif yang dipakai adalah abu sekam padi untuk menstabilisasi tanah lempung ekspansif di Bojonegoro yang memiliki tingkat ekspansivitas sangat tinggi. Penelitian ini bertujuan agar mengetahui seberapa berpengaruh abu sekam padi pada daya dukung dan pengembangan tanah lempung ekspansif. Abu sekam padi dicampurkan pada tanah lempung ekspansif dengan beberapa kadar, yaitu 5%, 6%, dan 6,5%. Dengan hasil untuk campuran 5% abu sekam padi CBR *unsoaked* 4,27%, CBR *soaked* 3,22%, dan *swelling* 1,38%. Campuran 6% abu sekam padi dengan CBR *unsoaked* 5,46%, CBR *soaked* 3,31%, dan *swelling* 2,46%. Sedangkan campuran 6,5% abu sekam padi dengan CBR *unsoaked* 5,27%, CBR *soaked* 3,22%, dan *swelling* 2,66%. Berdasarkan hasil penelitian, diambil campuran 6% abu sekam padi untuk *dicuring*.

Penelitian ini akan menganalisis adakah pengaruh *curing* agar tanah lempung ekspansif. *Curing* dilakukan dalam waktu 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Pada *curing* 7 hari menghasilkan CBR *unsoaked* 12,43%, CBR *soaked* 1,45%, dan *swelling* 3,49%. Pada 14 hari menghasilkan CBR *unsoaked* 13,47%, CBR *soaked* 2,71%, dan *swelling* 3,04%. Terakhir, untuk *curing* 28 hari CBR *unsoaked* 14,13%, CBR *soaked* 3,14%, dan *swelling* 2,94%. Untuk CBR *unsoaked*, terjadi peningkatan stabilitas tanah lempung ekspansif Bojonegoro ini, namun pada CBR *soaked* dan *swelling* terjadi penurunan stabilitas pada *curing* hari ke-7 lalu membaik tingkat stabilitasnya pada hari ke-14 dan ke-28. Turunnya stabilitas ini disebabkan metode *curing* yang kurang baik sehingga terjadi penurunan kadar air dalam tanah dan menyebabkan proses sementasi tidak maksimal.

Agar mengurangi resiko penurunan tingkat stabilitas, sebaiknya ditambahkan dengan zat aditif lain seperti kapur, semen, atau fly ash. Diharapkan dengan menambahkan zat aditif lain yang dicampur dengan abu sekam padi semakin memperkuat reaksi sementasi yang terjadi, sehingga daya dukung akan meningkat dan tingkat *swelling* akan menurun pada tanah lempung ekspansif di Bojonegoro ini.

Kata-kata kunci: tanah lempung ekspansif, abu sekam padi, CBR *unsoaked*, CBR *soaked*, dan *swelling*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah lempung ekspansif tersebar hampir 20% dari luasan tanah di Pulau Jawa dan kurang lebih 25% dari luasan tanah di Indonesia. Tanah di daerah Kecamatan Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur sebagian besar merupakan tanah lempung ekspansif. Tanah ini memiliki sifat yang plastis sehingga mudah mengembang dan menyusut. Hal ini menyebabkan permukaan air tanah meningkat tinggi pada waktu musim hujan dan tanah merekah pada waktu musim kemarau, sehingga apabila ada struktur atau infrastruktur bangunan di atas tanah tersebut dan perencanaan tidak memperhitungkan perilaku tanah ini, dapat dipastikan bangunan itu akan mengalami kegagalan seperti retak pada dindingnya, struktur bangunan turun salah satu sisi atau mengalami penurunan seragam yang signifikan, dan yang paling sering terjadi adalah keretakan pelat lantai, patah pada gorong-gorong, keretakan atau amblesnya jalan, dan sebagainya.

Untuk bangunan yang memiliki biaya tinggi, masalah seperti ini dapat diatasi dengan pondasi tiang dengan kedalaman mencapai tanah yang stabil untuk menahan beban, namun untuk bangunan dengan biaya sedang hingga rendah, pemasangan pondasi tiang dapat melampaui biaya dari bangunan itu sendiri. Masalah seperti ini memerlukan solusi yang sesuai sehingga dapat menghemat biaya bangunan dengan syarat keamanan dan kenyamanan yang terpenuhi.

Tanah lempung ekspansif adalah tanah yang memiliki potensi untuk mengembang atau menyusut yang besar yang diakibatkan jumlah kadar air yang terkandung di dalam tanah tersebut. Tanah lempung memiliki ciri khas dan sifat-sifat koloid seperti plastisitas, kohesi, dan mampu mengabsorpsi pada kisaran air yang besar. Karena sifat koloidnya tersebut apabila terjadi peningkatan jumlah kadar air di dalamnya, tanah akan mengembang dan disertai dengan peningkatan tekanan air pori. Begitu juga sebaliknya, bila kadar air dalam tanah menurun, maka akan terjadi penyusutan. Kohesi adalah sifat bahan yang bagian-bagiannya melekat antara satu dengan yang lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuk bahan itu berubah-ubah tanpa perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa terjadi retak-retak atau pecah.

Tanah lempung ekspansif memiliki tiga mineral utama, yaitu *monthmorillonite*, *illite*, dan *kaolinite*, yang semuanya berupa *hydrous aluminosilikat* yang berbentuk

kristal. Besarnya kemungkinan tanah mengembang tergantung pada jenis dan jumlah kandungan mineralnya, kemudahan bertukarnya ion-ionnya, kandungan elektrolit dan tatanan struktur lapisan mineral tanahnya. Struktur kaolinite terdiri dari unit lapisan silika dan aluminium yang diikat oleh ion *hydrogen*, *kaolinite* membentuk tanah yang stabil karena strukturnya yang terikat teguh mampu menahan molekul-molekul air sehingga tidak masuk ke dalamnya. Struktur *illite* terdiri dari lapisan-lapisan unit silika-aluminium-silika yang dipisahkan oleh ion K^+ yang mempunyai sifat dapat mengembang. Struktur *montmorillonite* mirip dengan struktur *illite*, tetapi ion pemisahannya berupa ion H_2O , yang sangat mudah lepas, mineral ini dapat dikatakan sangat tidak stabil. Diantara ketiga mineral tersebut, *montmorillonite* adalah mineral paling halus sehingga mempunyai permukaan yang paling besar dan sangat mudah menyerap air dengan jumlah besar. Sehingga pada kondisi tergenang, air dengan mudah masuk ke dalam sela antar lapisan ini sehingga mineral mengembang, pada waktu mongering, air diantara lapisan juga mongering sehingga mineral menyusut.

Akibat kondisi tanah yang tidak baik, sering dijumpai masalah-masalah yang ditimbulkan karena sifat dari tanah ekspansif tersebut maka dari itu dibutuhkan solusi untuk meningkatkan stabilitas tanah tersebut. Sifat yang menjadi ciri utama tanah ekspansif adalah daya dukung yang sangat rendah dan kekakuan yang menurun drastis saat kondisi basah, kembang susut yang sangat tinggi bila terjadi perubahan kadar air yang berakibat retak-retak pada kondisi kering dan mengembang pada kondisi basah.

Stabilisasi ini bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah yang semula rendah menjadi lebih tinggi guna menopang beban yang ada di atasnya. Untuk memperbaiki stabilisasi pada tanah lempung ekspansif umumnya *treatment* yang diberikan untuk mengurangi atau mereduksi sifat tanah ini yang dapat mengembang akibat mengandung mineral *montmorillonite* dengan bahan batu kapur, semen, *fly ash*, *bottom ash*, abu sekam padi (*rice husk ash*), dan bahan aditif lainnya.

Salah satu bahan yang dapat meningkatkan nilai stabilisasi tanah lempung ekspansif adalah abu sekam padi (*rice husk ash*). Bahan ini mudah sekali untuk didapatkan dan dapat meningkatkan stabilitas cukup signifikan. Dari segi ekonomi, bahan ini juga termasuk bahan yang murah. Abu sekam padi yang mengandung silikat tinggi (rata-rata SiO_2 91.72%) diharapkan dapat mengendalikan ketidakstabilan tanah ekspansif dengan mengikat mineral penyebab ekspansinya (*montmorillonite*).

Beberapa penelitian dilakukan dan dikembangkan dalam dunia teknik sipil untuk memperbaiki sifat tanah lempung, diantaranya penelitian yang dilakukan oleh Ir. Silvia

Herina F, MT (2005) dengan menguji pemanfaatan abu sekam untuk stabilisasi tanah dalam sistem pondasi di tanah ekspansif. Disini campuran 5% abu sekam dapat menambah daya dukung pondasi. Terbukti tegangan yang dihasilkan meningkat dari 0,1 kg/cm² menjadi 0,3 kg/cm².

Penelitian lain dilakukan oleh Idharmahadi Adha (2011) dari Universitas Lampung. Penelitian dilakukan dengan mencampurkan 6%, 9%, dan 12% abu sekam dengan tanah ekspansif yang *dicuring* selama 28 hari. Hasilnya penambahan efektif abu sekam berfungsi pada kadar 6% dan menaikkan nilai CBR dari 17,8% menjadi 62% (*unsoaked*) dan 9,2% menjadi 30% (*soaked*).

Penulis tertarik untuk melakukan penelitian pada tanah lempung ekspansif dengan menguji tanah ini dengan uji CBR dan uji *swelling* untuk mengetahui tingkat stabilitas tanah dengan perkuatan. Perkuatan disini dengan mencampurkan tanah lempung ekspansif dengan abu sekam padi sebanyak 6% yang kemudian tanah akan *dicuring* selama 7 hari, 14 hari, dan 28 hari sebelum diuji. Penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan daya dukung tanah lempung ekspansif di daerah Kecamatan Ngasem, Bojonegoro, Jawa Timur.

1.2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini ada mengenai masalah yang sering terjadi adalah mencegah terjadinya kembang susut yang tinggi tanah lempung ekspansif akibat berubahnya kadar air di dalam tanah tersebut. Abu sekam padi merupakan bahan yang dapat meningkatkan stabilisasi tanah lempung ekspansif. Maka perlu dilakukan penelitian pada perkuatan tanah lempung ekspansif dengan campuran 6% abu sekam padi dan ditemukan waktu *curing* yang paling optimum untuk meningkatkan stabilisasi tanah tersebut. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dengan variasi lama waktu *curing*.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan masalah yang akan dibahas adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh lama waktu *curing* pada penambahan campuran abu sekam padi terhadap *swelling* dan daya dukung (CBR) terhadap tanah lempung ekspansif di Kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro?

2. Berapa lama waktu *curing* untuk menghasilkan daya dukung (CBR) terbesar dan *swelling* terkecil pada tanah lempung ekspansif di Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro yang telah dicampur zat aditif berupa abu sekam padi sebanyak 6%?

1.4. Pembatasan Masalah

Untuk memperjelas ruang lingkup penelitian, maka pembatasan masalah diberikan sebagai berikut.

1. Berdasarkan penelitian sebelumnya, sampel tanah yang digunakan adalah sampel tanah lempung ekspansif dari Kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur.
2. Seluruh pengujian dilakukan di Laboratorim Mekanika Tanah dan Geoteknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Perubahan terhadap karakteristik tanah akibat adanya pencampuran tidak akan dianalisa.
4. Jenis sekam yang digunakan tidak ditentukan.
5. Panas pembakaran tidak dikendalikan.
6. Penelitian ini tidak membahas tentang reaksi kimia.
7. Campuran abu sekam padi sebanyak 6% dari berat kering tanah dari penelitian pendahuluan.
8. Variasi waktu *curing* selama 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.
9. Dilakukan uji pemadatan sebelum dilakukannya uji CBR dengan menggunakan pemadatan metode B ASTM D-698; AASHTO T-99.
10. Uji CBR yang dilakukan adalah uji CBR laboratorium tidak terendam (*unsoaked*) dan CBR laboratorium terendam (*soaked*).

1.5. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui adanya pengaruh lama waktu pemeraman terhadap *swelling* dan daya dukung (CBR) pada tanah lempung ekspansif di Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro.
2. Untuk mengetahui lama waktu *curing* untuk menghasilkan daya dukung (CBR) terbesar dan *swelling* terkecil pada tanah lempung ekspansif di Kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro yang telah dicampur zat aditif berupa abu sekam padi sebanyak 6%.

1.6. Manfaat Penelitian

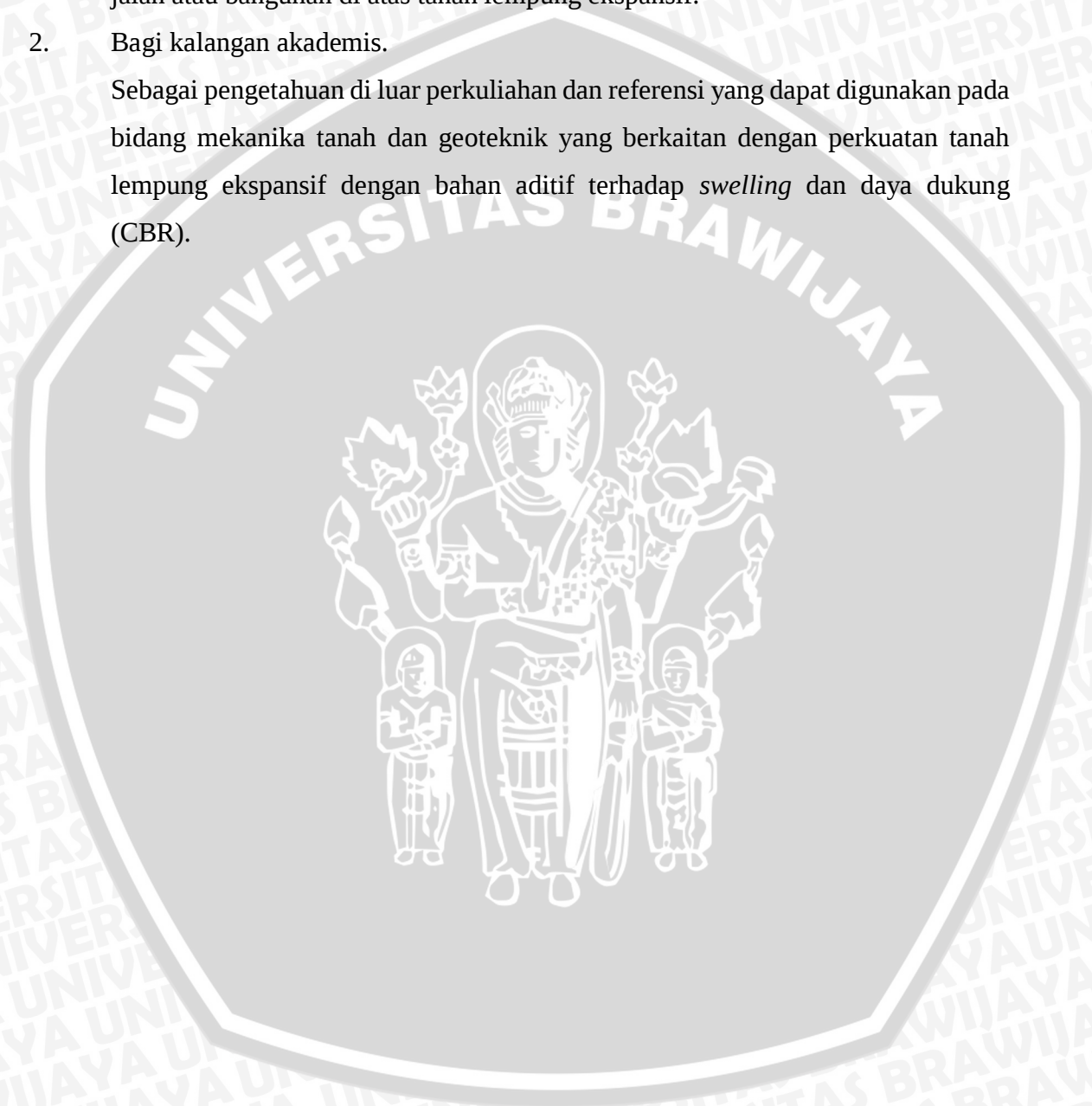
Adapun manfaat yang diharapkan dari peneliti ini sebagai berikut.

1. Bagi praktisi lapangan.

Menjadi sumber informasi dan pertimbangan dalam perancangan suatu konstruksi jalan atau bangunan di atas tanah lempung ekspansif.

2. Bagi kalangan akademis.

Sebagai pengetahuan di luar perkuliahan dan referensi yang dapat digunakan pada bidang mekanika tanah dan geoteknik yang berkaitan dengan kekuatan tanah lempung ekspansif dengan bahan aditif terhadap *swelling* dan daya dukung (CBR).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Lempung

2.1.1. Pengertian Tanah Lempung

Lempung (*Clay*) sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel dari mika, mineral-mineral lempung, dan mineral-mineral halus lainnya. Menurut *Unified Soil Classification System* (USCS) lempung didefinisikan sebagai partikel yang berukuran $<0,0075$ mm, sedangkan menurut AASHTO lempung didefinisikan partikel yang berukuran $<0,002$ mm. Dari segi mineral yang disebut tanah lempung ialah yang merupakan partikel-partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air (Das 1994, 9). Pada **tabel 2.1** ini akan menjelaskan tentang jenis-jenis tanah berdasarkan ukuran butirannya.

Tabel 2.1 Batasan-batasan Ukuran Golongan Tanah

Nama Golongan	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	>2	2-0,06	0,06-0,002	$<0,002$
U.S. Department of Agriculture (USDA)	>2	2-0,05	0,05-0,002	$<0,002$
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)	76,2-2	2-0,075	0,075-0,002	$<0,002$
Unified Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation)	76,2-4,75	4,75-0,075	Halus (yaitu lanau dan lempung) $<0,0075$	

(Sumber: Das, *Mekanika Tanah*, Jilid 1, hal 7)

Lempung terdiri dari butiran yang sangat kecil dan menunjukkan sifat-sifat plastisitas dan kohesi. Kohesi menunjukkan antara partikel-partikel tanah saling melekat atau menempel satu sama lainnya, sedangkan plastisitas adalah sifat yang memungkinkan bentuknya dapat dirubah-rubah tanpa ada perubahan isi atau tanpa kembali ke bentuk aslinya, dan tanpa ada retakan-retakan (Wesley 1977, 16).

Dalam hal ini sifat setempat yang paling penting adalah kekuatannya dan istilah-istilah yang dipakai untuk menerangkan ini, sesuai dengan kekuatan yang bersangkutan, seperti yang ada pada **tabel 2.2** sebagai berikut.

Tabel 2.2 Kekuatan Lempung

<u>Deskripsi</u>	<u>Unconfined Compressive Strength kg/cm²</u>
Sangat lunak (very soft)	-0.28
Lunak (soft)	0.25-0.5
Teguh (firm)	0.5-1.0
Kenyal (stiff)	1.0-4.0
Keras (hard)	≥4.0

(Sumber: Wesley, *Mekanika Tanah*, hal 19)

Disamping kekuatan ini, harus diberikan keterangan mengenai struktur bahan, terutama mengenai apakah homogen, berlapis, berongga, dan sebagainya (Wesley 1977, 19).

Lempung ekspansif memiliki sifat yang khas memiliki kandungan mineral dengan kapasitas pertukaran ion sangat tinggi. Hal ini menyebabkan lempung ekspansif memiliki potensi kembang susut yang tinggi apabila terjadi perubahan kadar air. Sifat seperti ini dapat menimbulkan kerusakan pada bangunan.

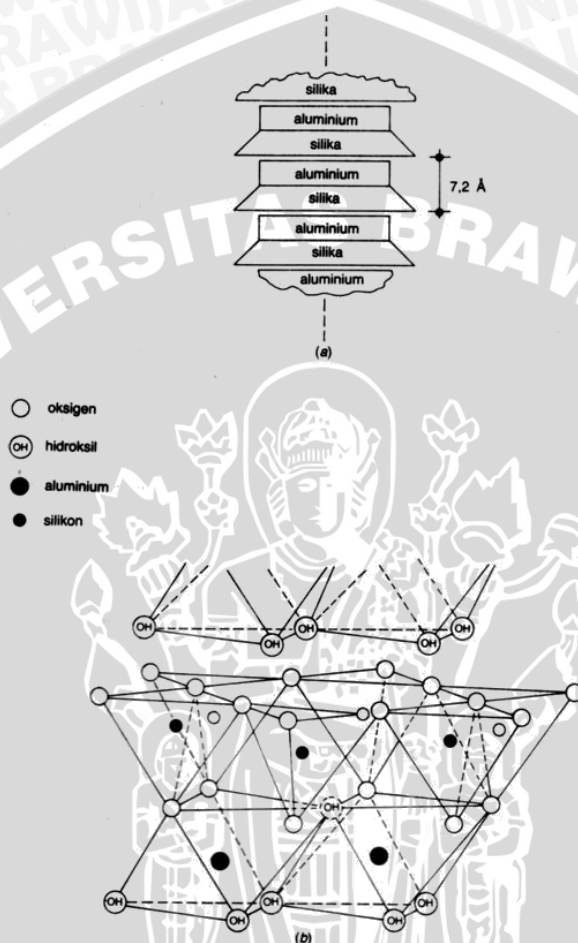
2.1.2. Mineral Lempung

Mineral lempung berukuran sangat kecil dan merupakan partikel yang aktif secara elektro kimia dan hanya dapat dilihat dengan mikroskop elektron. Mineral ini menunjukkan karakteristik yang berhubungan dengan air dan plastisitas yang dihasilkan (Sutarman 2013, 2). Mineral lempung sebagian besar terdiri dari silikat aluminium dan/atau besi dan magnesium, diantaranya juga mengandung alkali dan/atau tanah alkalin sebagai komponen yang penting. Sebagian besar mineral lempung strukturnya berlapis. Pelapukan pada batuan menghasilkan sejumlah besar mineral dengan sifat yang bersamaan. Berikut ini beberapa mineral lempung sebagai berikut.

2.1.2.1. Kaolinit (*Kaolinite*)

Satuan struktur kaolinit terdiri dari lapisan yang berganti-ganti dari tetrahedral silica dengan puncak yang tertanam didalam satuan oktahedral alumina (gibsit).

Pergantian lapis silika dan gipsit ini akan menghasilkan apa yang terkadang disebut satuan dasar 1:1. Satuan dasar tipis yang dihasilkan mempunyai ketebalan sekitar $7\text{\AA}$ dan memanjang secara tak terhingga ke arah kedua dimensi lainnya. *Cluster* kaolinit merupakan tumpukan dari 70-100 atau lebih lembaran $7\text{\AA}$, sehingga suatu buku dengan retakan dan gaya Van der Wals pada pertemuannya. **Gambar 2.1** adalah skema untuk mineral kaolinit.



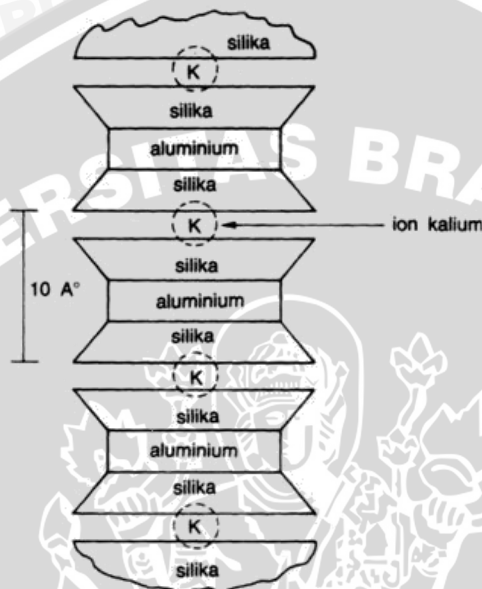
Gambar 2.1 Mineral Lempung Kaolinit

(Sumber: Hardiyatmo, *Mekanika Tanah 1*, hal 26)

Mineral 1:1 lainnya dari kaolinit yaitu halosit yang berbeda dari kaolinit yang disebabkan tertumpuk secara acak sehingga suatu molekul tunggal dari air akan dapat masuk di antara satuan-satuan $7\text{\AA}$. Lempung kaolinit dan halosit sering dipakai untuk tembikar dan keramik Cina yang dikarenakan tidak ada kandungan besi di dalamnya, sehingga tidak terjadi perubahan warna bila dibakar dengan panas yang tinggi. Lempung kaolinit juga banyak dipakai sebagai penyerap intestine untuk melawan infeksi, sebagai obat anti diare dan untuk penyakit perut lainnya (Bowles 1986, 169).

2.1.2.2. Illit (Illite)

Mineral lempung illit terdiri dari lapisan octahedral dari gipsit yang terletak di antara dua lapisan tetrahedral silica. Ini menghasilkan mineral 1:2 dengan tambahan perbedaan dimana beberapa posisi silica akan terisi dengan atom-atom aluminium, dan ion-ion potassium ikut berada di antara lapisan-lapisan untuk mengatasi kekurangan daya. Rekatan seperti itu mengakibatkan kondisi yang kurang stabil jika dibandingkan dengan kaolinit, dan karena itu aktivitas illit lebih besar seperti skema pada **gambar 2.2** ini.



Gambar 2.2 Mineral Lempung Illit

(Sumber: Hardiyatmo, *Mekanika Tanah* 1, hal 28)

Vermikulit merupakan mineral lempung dalam keluarga illit yang bersifat sama, kecuali lapisan molekul ganda dari air di antara lapisan-lapisan yang disertai pula dengan ion-ion kalsium dan/atau magnesium, dengan substitusi oleh brusit sebagai pengganti gipsit di dalam lapisan octahedral.

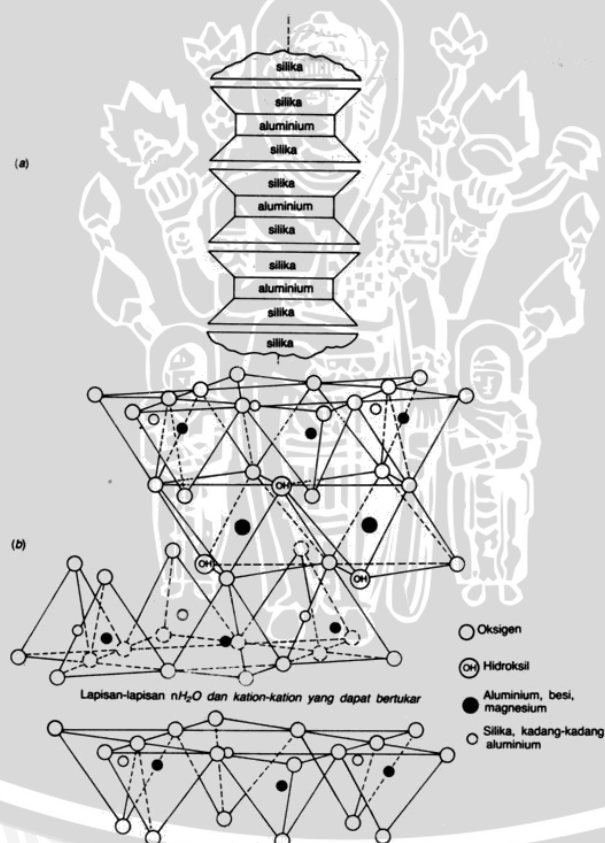
Lempung illit dan vermikulit serta serpih lempung banyak dipakai untuk membuat agregat berbobot ringan. Vermikulitlah yang terutama mengembang dengan cukup besar bila dipanaskan dengan suhu tinggi dikarenakan lapisan-lapisan air dengan cepat berubah menjadi uap sehingga mengakibatkan terjadinya pengembangan yang besar (Bowles 1986, 171).

2.1.2.3. Montmorillonit (Montmorillonite)

Mineral lempung ini terdiri dari lapisan-lapisan dengan jumlah 1:2. Rekatan antara lapisan terutama diakibatkan oleh gaya Van der Waals, dan karena itu sangat lemah

jika dibandingkan dengan rekatan hydrogen atau rekatan ion lainnya. Berbagai substitusi terjadi, antara Al dan Si dalam lapisan tetrahedral dan Mg, Fe, Li, atau Zn, untuk Al dalam lapisan octahedral. Perubahan-perubahan tersebut mengakibatkan terjadinya daya negative netto yang relative tidak seimbang terhadap mineral, dimana terjadi perubahan kation yang besar dalam kapasitas dan tarikan terhadap air dengan ion-ion H^+ , karena tidak terdapat ion-ion logam.

Bentonit (*Bentonite*) adalah lempung montmorilonit yang dijumpai di dalam deposit vulkanis yang mengalami pelapukan sebagian, di Wyoming, Swiss, dan Selandia Baru. Mineral ini sangat aktif mengembang bila air dan sangat banyak digunakan dalam pemboran sumur-sumur minyak dan dalam eksplorasi tanah sebagai suatu lumpur untuk pemboran dan sebagai penutup dari lempung. Bentonit sifatnya bermacam-macam, bergantung pada sumber dan jumlah dari pelapukan material vulkanis utamanya (Bowles 1986, 171-172). Berikut ini adalah skema montmorilonit pada **gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Skema Montmorilonit

- Diagram skematik struktur montmorillonite (Lambe, 1953)
- Struktur atom montmorillonite (Grim, 19959)

(Sumber: Hardiyatmo, *Mekanika Tanah 1*, hal 27)

2.1.3. Identifikasi Tanah Lempung Ekspansif

Menurut Chen (1975), ada beberapa cara untuk mengidentifikasi tanah lempung ekspansif, salah satunya dengan cara tidak langsung (*single index method*). Pada cara tidak langsung ini menggunakan hasil uji dari beberapa indeks dasar tanah. Besaran indeks plastis dapat digunakan sebagai indikasi awal terhadap *swelling* pada tanah lempung yang telah dipadatkan pada kadar air optimum setelah contoh direndam 1 psi. Chen (1975) beranggapan bahwa potensi mengembang tanah lempung ekspansif sangat erat hubungannya dengan indeks plastis, seperti yang tercantum dalam **tabel 2.3**. Kriteria Pengembangan Berdasarkan IP (Chen, 1975) dibawah ini.

Tabel 2.3 Kriteria Pengembangan Berdasarkan IP (Chen,1975)

Plasticity Index (%)	Swelling Potensial
0 – 15	Low
10 – 35	Medium
35 – 55	High
> 55	Very High

(Sumber: Chen, 1975)

Pada sebuah parameter yang disebut aktivitas menurut Skempton (1953), yang tercantum dalam **rumus (2.1)** berikut ini.

$$Activity (A) = \frac{PI}{c} \dots\dots (2.1)$$

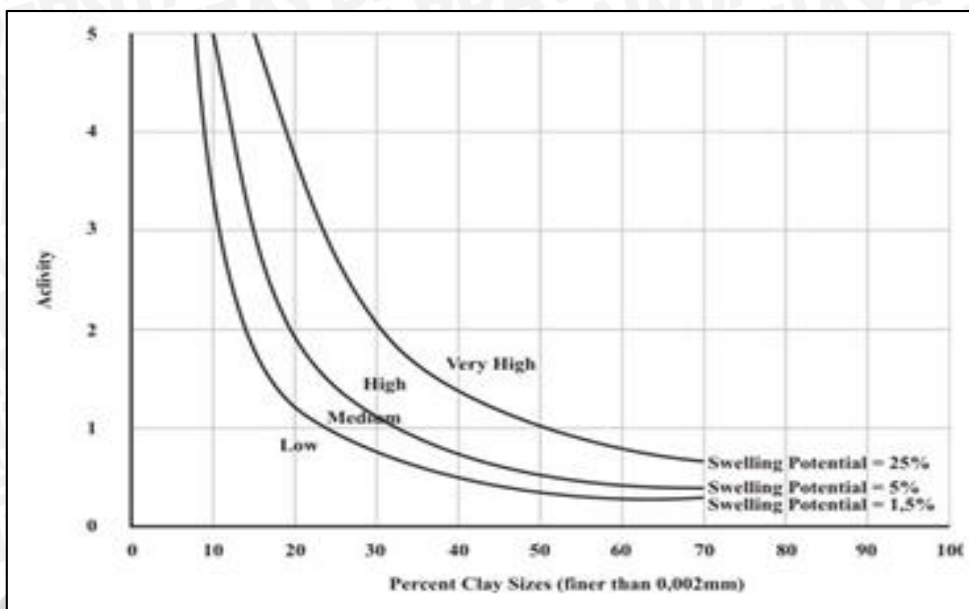
Dimana:

A = Aktivitas

PI = Indeks Plastisitas

c = Persentase lolos < 0,002 mm

Hasil dari perhitungan *activity* kemudian di plot pada **gambar 2.4** untuk mengetahui *swelling potensial* berada pada tingkat mana.



Gambar 2.4 Tingkat *activity* pada *swelling potensial* (Seed et al., 1962)

2.2. Stabilisasi Tanah Lempung dengan Zat Aditif

Stabilisasi tanah dapat berupa pemadatan yang dikerjakan mekanis dengan mesin gilas, benda berat yang dijatuhkan, eksplosif dan dengan mencampurkan bahan aditif seperti penambahan kerikil untuk tanah kohesif, penambahan semen, abu batubara, gamping dan yang lainnya untuk tanah lempung. Penambah gamping, abu batubara, semen dibuat pada suatu deposit lempung yang mengalami perubahan volume yang besar. Tanah-tanah yang diperlakukan seperti ini dapat mengurangi penurunan IP dan penyusutan dan/atau pengembangan yang cukup berarti sesuai dengan jumlah zat penambah yang digunakan.

Lempung bentonit dapat digunakan sebagai bahan untuk memperbaiki stabilitas tanah, karena dapat menimbulkan suatu rintangan air yang menghentikan rembesan air yang masuk ke dalam lantai dasar bangunan. Pada saat kondisi basah, lempung bentonit dapat mengembang dan menutup ruang yang ada di dalam tanah sehingga mencegah air yang datang (Bowles 1986, 218-219).

2.2.1. Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Abu Sekam Padi

Sekam padi merupakan bahan hasil sampingan produk pertanian, sekam yang dibakar mempunyai sifat pozzolan yang mengandung unsur silikat yang tinggi, rata-rata SiO₂ 91.72% dengan Pozzolanic Activity Index 87%. Pozzolan ini mengandung sifat sementasi jika bercampur dengan kapur padam dan air (Herina 2005, 3).

Abu sekam padi telah dimanfaatkan sebagai *filler* di bidang industri dengan mereaksikannya dengan larutan NaOH untuk menghasilkan natrium silikat. *Filler* ini dimanfaatkan untuk pembuatan detergen, bahan pelakat, dan jeli silica (*silica gel*) (Kirk dan Orthmer, 1969 dalam Wanadri A., 1999).

Filler merupakan kumpulan mineral yang sebagian besar lolos saringan No. 200 yang dapat berfungsi sebagai bahan pengisi rongga antar butiran tanah dan dapat meningkatkan kerapatan dan mengurangi permeabilitas dari tanah tersebut. Selain butiran yang lebih halus, *filler* memiliki sifat sementasi bila bercampur dengan air dan memiliki daya lekat yang kuat terhadap butiran tanah yang lainnya (Mutohar Y., 2002).

Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai *filler* antara lain abu terbang (*fly ash*), semen, kapur (*lime*), gypsum, abu sekam padi dan yang lainnya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Muntohar A. S, dan B. Hantoro pada 2001, abu sekam padi diyakini memiliki sifat yang mendukung sebagai *filler* karena ukuran butirannya antara 13 hingga 1313 kecil (lolos saringan No. 200) dan memiliki sifat sementasi.

Bahan yang melimpah merupakan suatu keuntungan dari abu sekam padi. *Filler* yang relatif murah dibandingkan dengan jenis *filler* dari bahan lain yang relatif lebih mahal.

2.3. Analisis Saringan

Sifat-sifat tanah tergantung pada ukuran butiran tanah. Besarnya butiran dijadikan dasar untuk pemberian nama dan klasifikasi tanah. Analisis butiran adalah penentuan persentase berat butiran pada satu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu.

2.3.1. Tanah Berbutir Kasar

Distribusi ukuran butiran untuk tanah berbutir kasar dapat ditentukan dengan cara menyaring. Caranya, tanah benda uji disaring lewat satu unit saringan standar. Berat tanah yang tertinggal di masing-masing saringan ditimbang, lalu persentase terhadap berat kumulatif tanah dihitung. Berikut ini adalah **tabel 2.4** tentang ukuran standar dari saringan.

Tabel 2.4 Saringan Standar Amerika

Nomer Saringan	Diameter Lubang (mm)
3	6,35
4	4,75
6	3,35
8	2,36
10	2,00
16	1,18
20	0,85
30	0,60
40	0,42
50	0,30
60	0,25
70	0,21
100	0,15
140	0,106
200	0,075
270	0,053

(Sumber: Das, *Mekanika Tanah*, Jilid 1, hal 17)

2.3.2. Tanah Berbutir Halus

Distribusi ukuran tanah berbutir halus atau bagian berbutir halus dari tanah berbutir kasar, dapat ditentukan dengan cara sedimentasi. Metode ini didasarkan pada hukum Stokes, yang berkenaan dengan kecepatan mengendap butiran pada larutan suspensi seperti pada rumus (2.2).

$$v = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\pi} D^2 \dots (2.2)$$

Dimana:

v = kecepatan, sama dengan jarak/waktu (l/t)

γ_s = berat volume air (g/cm³)

γ_w = berat volume butiran (g/cm³)

μ = kekentalan air absolut (g.det/cm²)

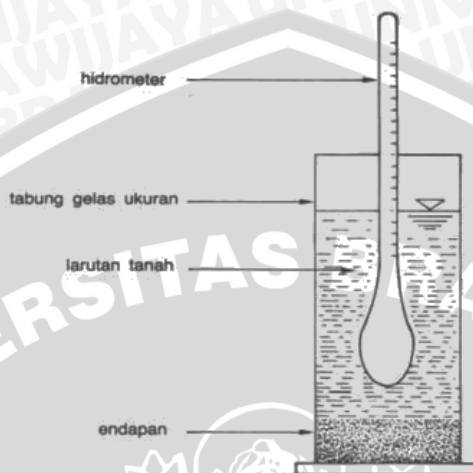
D = diameter butiran tanah (mm).

Dengan menganggap $\gamma_w = 1$ g/cm³,

$$D(mm) = K \sqrt{\frac{L(cm)}{t(menit)}} \dots (2.3)$$

$$\text{Dengan } K = \sqrt{\frac{30 \mu}{G_s - 1}} \dots (2.4)$$

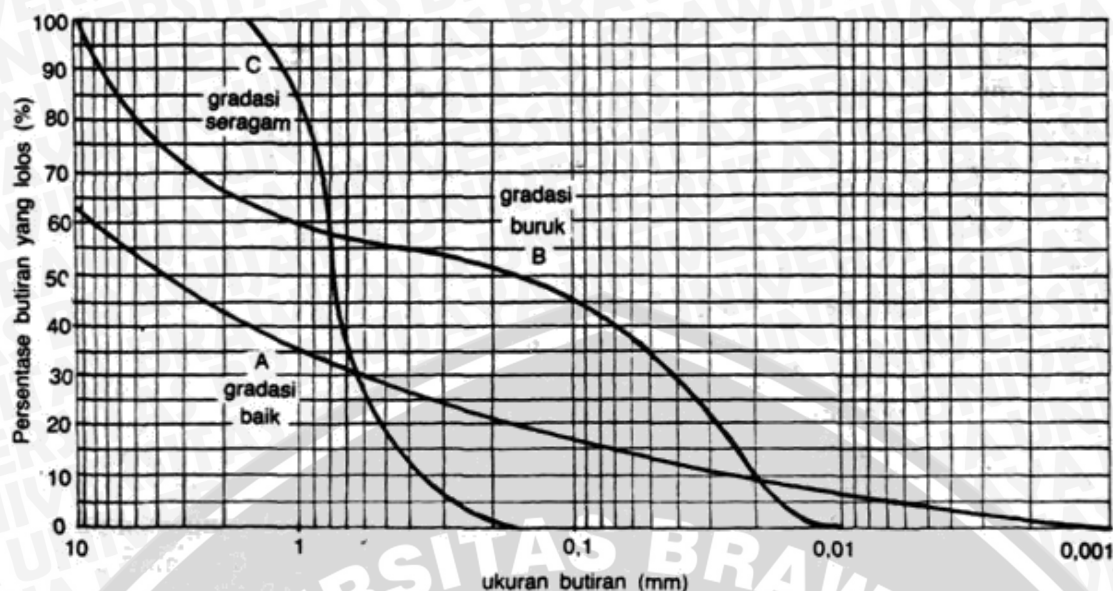
Nilai K merupakan fungsi dari G_s dan μ yang tergantung pada temperature benda uji. Butiran yang lebih besar akan mengendap lebih cepat, dan sebaliknya, butiran lebih halus akan mengendap lebih lama di dalam suspensi. Ukuran butiran dianggap sebagai diameter bola yang akan mengendap pada kecepatan yang sama, pada besar butiran yang sama. Berikut ini adalah **gambar 2.4** tentang hydrometer.



Gambar 2.5 Hidrometer

Pada uji hidrometer, tanah benda uji sebelumnya harus dibebaskan dari zat pendispersi, kemudian tanah dilarutkan ke dalam air destilasi yang dicampuri dengan bahan pendeflokulasi yang dapat berupa *sodium hexametaphosphate* agar partikel-partikel menjadi bagian yang terpisah satu dengan yang lain.

Untuk tanah yang lain dari campuran butiran halus dan kasar, gabungan antara analisis saringan dan sedimentasi dapat digunakan. Umumnya tanah bergradasi baik jika distribusi ukuran butirannya tersebar meluas. Berikut ini adalah gambar tentang distribusi gradasi yang ditampilkan dalam **gambar 2.6**.



Gambar 2.6 Analisis distribusi ukura butiran

(Sumber: Wesley, *Mekanika Tanah*, hal 7)

Kemiringan dan bentuk umum dari kurva distribusi butiran digambarkan oleh koefisien keseragaman (C_u) dan koefisien gradasi (C_c) yang diberikan menurut persamaan:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \dots (2.4)$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60})(D_{10})} \quad \dots (2.5)$$

Tanah bergradasi baik jika mempunyai koefisien gradasi $1 < C_c < 3$ dengan $C_u > 4$ untuk kerikil, dan $C_u > 6$ untuk pasir. Tanah disebut bergradasi sangat baik, bila $C_u > 15$.

2.4. Pengujian *Index Properties* Tanah di Laboratorium

2.4.1. G_s (Specific Gravity)

Specific gravity adalah perbandingan 16ntara berat volume butiran padat (γ_s) dengan volume air (γ_w) pada temperature 4°C.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad \dots (2.6)$$

G_s tidak berdimensi, secara tipikal tanah jenis berbagai tanah berkisar 16ntara 2,65 sampai 2,75. $G_s = 2,67$ biasanya digunakan untuk tanah tidak berkohesi atau tanah granuler, sedangkan untuk tanah yang berkohesi tidak mengandung bahan 16ntara 16 harga G_s berkisar 2,68 sampai 2,72 (Hardiyatmo 2010, 5). **Tabel 2.5** menunjukkan harga G_s untuk macam-macam jenis butiran.

Tabel 2.5 Specific Gravity

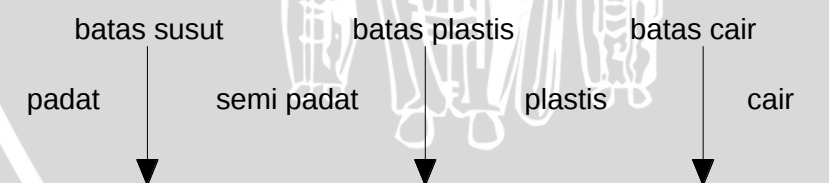
Macam Tanah	Berat Jenis (Gs)
Kerikil	2,65-2,68
Pasir	2,65-2,68
Lanau anorganik	2,62-2,68
Lanau organik	2,58-2,65
Lempung anorganik	2,68-2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25-1,80

(Sumber: Hardiyatmo, Mekanika Tanah 1, hal 5)

2.4.2. Atterberg Limit (Batas-batas Atteberg)

Pada tanah berbutir halus, hal yang penting adalah plastisitas yang disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Plastisitas digambarkan sebagai kemampuan tanah dalam perubahan bentuk dalam volume yang konstan tanpa adanya terjadi retak-retak.

Tanah dapat berupa cair, plastis, semi padat, atau padat tergantung pada kadar airnya. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi yang bergantung pada gaya tarik antara partikel mineral lempung. Bila tanah dalam kondisi plastis, besarnya jaringan gaya antar partikel akan sedemikian hingga partikel bebas menggelincir antara satu dengan yang lainnya, dengan kohesi tetap terjaga. Pengurangan kadar air akan mengakibatkan volume tanah yang berkurang (Hardiyatmo 1992, 34). Di bawah ini adalah **gambar 2.7** tentang batas-batas *atterberg*.



Gambar 2.7 Batas-batas Atterberg

(Sumber: Sutarman, Konsep & Aplikasi Mekanika Tanah, hal 6)

Pada tahun 1976, Mitchell mengungkapkan harga-harga batas *Atterberg* untuk beberapa mineral lempung. **Tabel 2.6** menampilkan batas-batas *Atterberg* untuk mineral lempung.

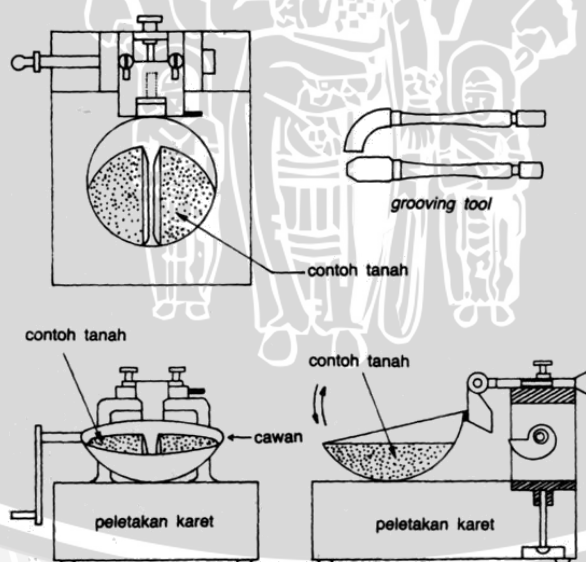
Tabel 2.6. Harga Batas Atterberg Mineral Lempung

Mineral	Liquid Limit	Plastic Limit	Shrinkage Limit
	%	%	%
Montmorillonite	100-900	50-100	8,5-15
Nontronite	37-72	19-27	
Illite	60-120	35-60	15-17
Kaolinite	30-110	25-40	25-29
Hydrated Halloysite	50-70	47-60	
Dehydrated Halloysite	35-55	30-45	
Attapulgite	160-230	100-120	
Clorite	44-47	36-40	
Allophane (undried)	200-250	130-140	

(Sumber: Sutarman, *Konsep & Aplikasi Mekanika Tanah*, hal 4)

2.4.2.1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL) diartikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Kadar air dinyatakan dalam persen (%) dari tanah yang dibutuhkan untuk menutup goresan dalam uji batas cair yang berjarak 0,5 inchi sepanjang dasar sampel tanah, sesudah 25 pukulan (N). Berikut adalah **gambar 2.8** yang menjelaskan tentang batas cair.

**Gambar 2.8** Batas cair

(Sumber: Hardiyatmo, *Mekanika Tanah 1*, hal 48)

Batas cair ditentukan dengan pengujian Casagrande (1948). Percobaan dilakukan beberapa kali pukulan yang berkisar antara 15 sampai 35. Kemudian, hubungan kadar air

dan jumlah pukulan digambarkan dalam grafik semi logaritmik untuk menentukan kadar air pada 25 kali pukulan (Hardiyatmo 2010, 49).

Casagrande (1932) menyimpulkan bahwa tiap pukulan dari benda uji batas cair sesuai dengan tegangan geser tanah sebesar kira-kira 1 g/cm^2 (0,1 kPa). Oleh karena itu, batas cair dari tanah berbutir halus adalah kadar air diaman tegangan geser tanahnya kira-kira sebesar 25 g/cm^2 (2,5 kPa).

2.4.2.2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis didefinisikan kadar air pada batas bawah daerah plastis. Tanah yang dipilin pada plat kaca sehingga berdiameter 1/8 inchi menentukan kadar air. Bila terjadi retak-retak pada ukuran itu, maka kadar air tanah itu adalah batas plastis (Wesley 1977, 11).

2.4.2.3. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut (SL) adalah keadaan kadar air diantara posisi semi padat dan padat yang dinyatakan dalam persentase dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah (Hardiyatmo 2010, 50-51). Tanah menyusut bila air yang ada di dalamnya perlahan-lahan hilang dan mencapai tingkat keseimbangan, yaitu kondisi dimana penambahan kehilangan air tidak menyebabkan perubahan volume.

Uji batas susut (ASTM Test Designation D-427) dilakukan di laboratorium menggunakan mangkok porselin 1,75 in (44,4 mm) dan tinggi 0,5 in (12,7). Bagian dalam mangkok dilapisi vaselin, diisi tanah basah sampai penuh dan diratakan permukaannya. Berat tanah basah ditentukan dan tanah dalam mangkok tersebut dikeringkan dalam oven. Volume tanah yang telah kering, diukur dengan menggunakan air raksa (Sutarman 2013, 8).

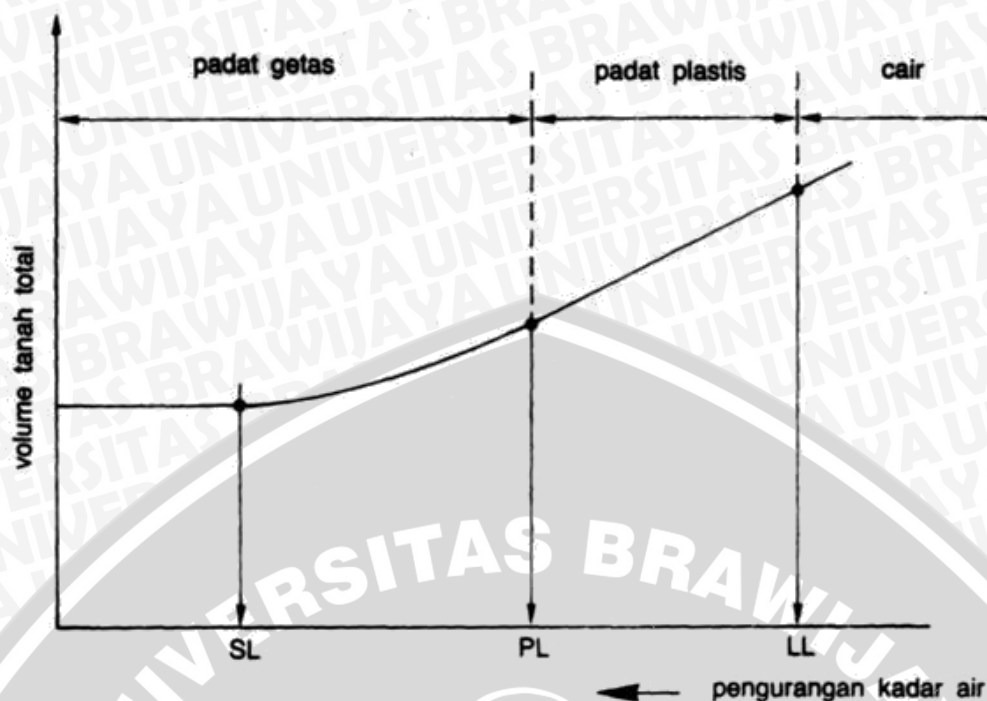
$$SL = \frac{m_1 - m_2}{m_2} (100) - \frac{v_i - v_f}{m_2} (100) \quad \dots (2.8)$$

Dimana:

v_i : volume tanah basah pada saat permulaan pengujian (volume mangkok, cm^3)

v_f : volume tanah sesudah dikeringkan dalam oven

ρ_w : kerapatan air (g/cm^3)



Gambar 2.9 Definisi Batas Susut

(Sumber: Das, *Mekanika Tanah*, Jilid 1, hal 49)

$$w_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_2} (100) \quad \dots (2.9)$$

$$\Delta w (\%) = \frac{v_i - v_f}{m_2} (100) \quad \dots (2.10)$$

Dimana:

m_2 : massa tanah kering

$\Delta w (\%)$: perubahan kadar air (selisih antara awal dan kadar air pada batas susut)

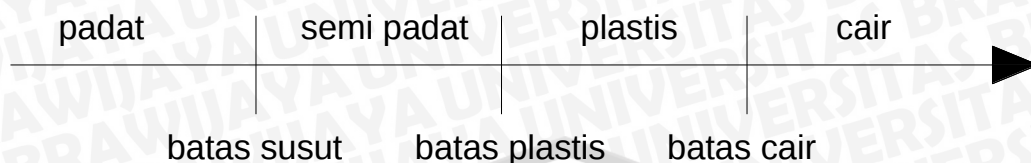
w_i : kadar air mula-mula pada saat ditempatkan dalam mangkok uji batas susut

2.4.2.4. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas adalah selisih batas cair dan batas plastis yang merupakan interval kadar air dimana tanah bersifat plastis. Apabila nilai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung, dan jika PI rendah seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering (Hardiyatmo 2010, 52). Dalam ASTM Test Designation D-424, dimana

$$PI = LL - PL \quad \dots (2.11)$$

Bagan hubungan batas cair (LL), batas plastis (PL), dan batas susut (SL) disebut dengan bagan batas *Atterberg* seperti pada **gambar 2.10**.



Gambar 2.10 Batas Atterberg

(Sumber: Sutarman, *Konsep & Aplikasi Mekanika Tanah*, hal 6)

2.5. Klasifikasi Tanah

2.5.1. Berdasarkan *Unified Soil Classification System* (USCS)

Pada Sistem *Unified*, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomer 200, dan sebagai tanah berbutir halus jika lebih dari 50% lolos saringan nomer 200. Lalu tanah diklasifikasikan berdasarkan kelompoknya masing-masing (Hardiyatmo 2010, 59). Pada **tabel 2.7** ini akan ditampilkan klasifikasi tanah berdasarkan USCS.

Tabel 2.7 Klasifikasi Tanah dengan USCS

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama jenis	Kriteria Klasifikasi
Tanah berbutir kasar (50% lebih dari fraksi kasar lolos saringan no. 200 (0,075 mm))	Kerikil (50% atau lebih dari fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm))	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $C_c = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{30}} \text{ sama 1 dan 2}$
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau.	
		GC	Kerikil berlem-pung, campuran kerikil-pasir-lem-pung.	
	Pasir (50% atau lebih dari fraksi pasir lolos saringan no. 4 (4,75 mm))	SW	Pasir gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $C_c = \frac{(D_{60})^2}{D_{10} \times D_{30}} \text{ sama 1 dan 2}$
		SP	Pasir gradasi buruk, pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.	
		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-kerikil-pasir-lanau.	
		SC	Pasir berlem-pung, campuran pasir-kerikil-pasir-lem-pung.	

Tanah lebih halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk keban atau pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerkil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ("clean clays")	
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	
	Lanau dan lempung batas cair > 50%	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis	
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("fat clays")	
		OH	Gambut ("peat"), dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	
Tanah dengan kadar organik tinggi	PT	Gambut ("peat"), dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	

(Sumber: Hardiyatmo, *Mekanika Tanah 1*, hal 61)

2.5.2. Berdasarkan AASHTO

AASHTO berguna untuk menentukan kualitas tanah dalam perencanaan timbunan jalan, *subbase*, dan *subgrade*. AASHTO mengklasifikasikan jenis tanah ke dalam 8 kelompok A-1 sampai A-8. Tanah tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus empiris. Pengujian yang digunakan yaitu analisa saringan dan batas-batas *Atterberg* (Hardiyatmo 2010, 63).

Secara umum klasifikasi AASHTO menganggap tanah sebagai:

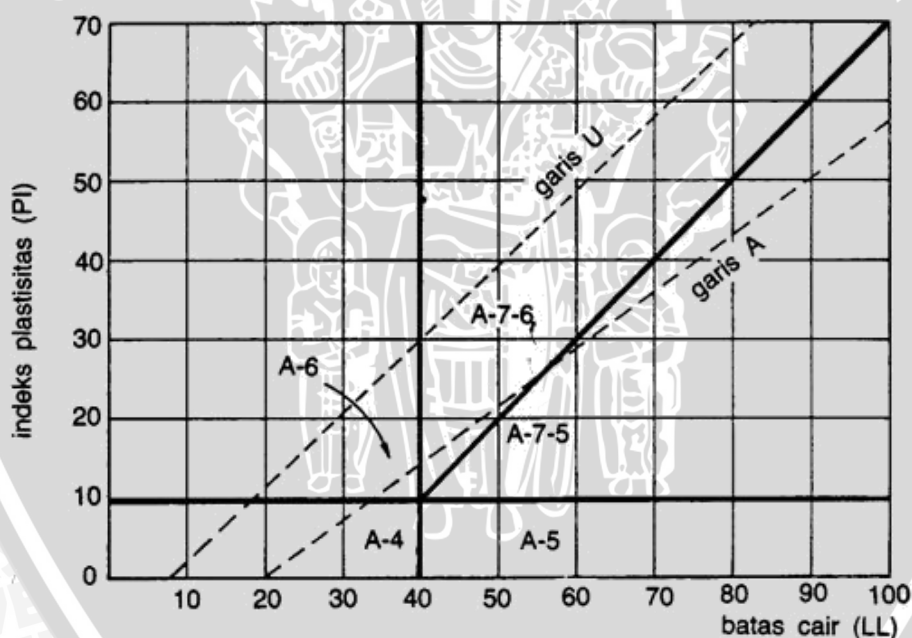
1. Lebih buruk untuk dipakai dalam pembangunan jalan bila kelompoknya berada lebih di kanan dalam tabel klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO, yaitu tanah A-6 lebih buruk dibandingkan dengan tanah A-5.
2. Lebih buruk untuk digunakan dalam pembangunan jalan bila indeks kelompok bertambah untuk sub kelompok tertentu, misal tanah A-6(3) lebih buruk dari tanah A-6(1).

Berikut adalah pembagian klasifikasi tanah berdasarkan AASHTO yang ditunjukkan pada **tabel 2.8** dan **gambar 2.11**.

Tabel 2.8 Klasifikasi Tanah dengan AASHTO

Klasifikasi umum	Material granuler (< 35% lolos saringan no. 200)						Tanah-tanah lempung- lempung (< 35% lolos saringan no. 200)				
Klasifikasi kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-4	A-4	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
											A-7-6
Analisis saringan (% lolos)											
2,00 mm (no. 10)	50 maks	?	—	?	?	?	?	—	—	—	—
0,45 mm (no. 40)	30 maks	50 maks	51 min	?	?	?	?	—	—	—	—
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos											
Saringan no. 40											
Batas cair (LL)	?	?	—	40 maks	41 maks	40 maks	41 maks	40 min	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	6 maks		np	10 maks	10 maks	11 min	11 maks	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (GI)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	pecahan batu kerikil dan pasir		pasir halus	kerikil berbatu atau				tanah berbatu		tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	sangat baik sampai baik						sedang sampai buruk				

(Sumber: Hardiyatmo, Mekanika Tanah 1, hal 65)



Gambar 2.11 Batas-batas Atterberg untuk kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7

(Sumber: Hardiyatmo, Mekanika Tanah 1, hal 65)

Indeks kelompok digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Bila indeks kelompoknya semakin tinggi, maka tanah semakin berkurang ketepatan penggunaannya.

2.6. Pemadatan Tanah

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasikan pemampatan partikel. Energi pemadatan di lapangan dapat diperoleh dengan mesin gilas, alat pemadat getaran, dan benda berat yang dijatuhkan. Sedangkan di laboratorium, pemadatan dilakukan dengan cara menggunakan daya impak, alat penekan, atau tekanan statis dengan menggunakan mesin piston dan tekanan. Tujuan pemadatan antara lain:

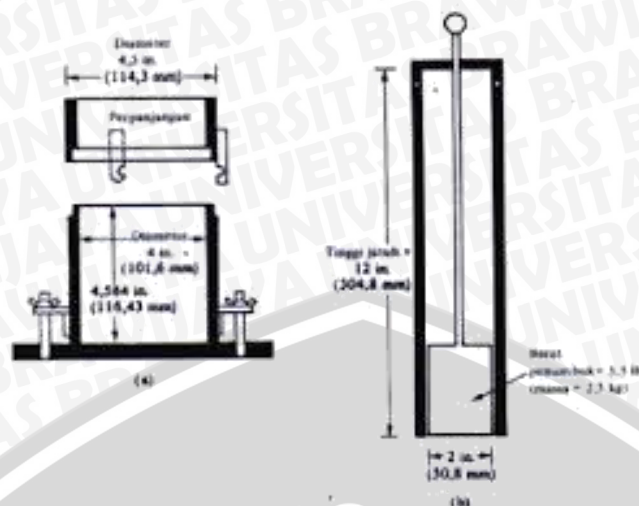
- a. Memperkuat geser tanah.
- b. Mengurangi sifat kompresibilitas.
- c. Mengurangi permeabilitas.
- d. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air dan yang lainnya.

Tingkat kepadatan tanah diukur dari nilai berat volume keringnya (γ_d). Berat volume kering tidak berubah oleh adanya kenaikan kadar air. Hal ini dikarenakan kepadatan atau berat volume kering dinyatakan oleh $\gamma_d = W_s/V$, bila berat butiran (W_s) dan volume total (V) tetap, maka γ_d juga tetap (Hardiyatmo 2010, 78).

Tanah lempung yang dipadatkan dengan cara yang benar akan memberikan kuat geser yang tinggi. Lempung yang mempunyai mineral montmorilonit akan mempunyai kecenderungan lebih besar terhadap perubahan volume dibanding dengan mineral lempung lainnya, yaitu kaolinit. Lempung yang padat memiliki permeabilitas rendah dan sulit dipadatkan saat kondisi jenuh karena air sulit mengalir ke luar dari rongga pori lempung. Air yang sulit keluar ini menyebabkan butiran tanah sulit merapat.

2.6.1. Percobaan Pemadatan Standar (*Standard Compaction Test*)

Pada uji pemadatan standar, tanah yang lolos saringan Amerika No.4 dipadatkan dalam cetakan bervolume $1/30 \text{ ft}^3$ ($943,3 \text{ cm}^3$). Diameter cetakan adalah 4 in (101,6 mm). Pada percobaan di laboratorium ini, cetakan diklem pada sebuah pelat dasar dan di atasnya diberi perpanjangan berbentuk silinder. Tanah akan dicampur dengan air dengan kadar air yang berbeda-beda dan dipadatkan dengan penumbuk khusus seberat 5,5 lb (massa = 2,5 kg) yang tinggi jatuhnya 12 in (304,8 mm). Pemadatan akan dilakukan dalam tiga lapisan yang masing-masing lapisannya setebal 1,0 in dengan jumlah tumbukan 25 kali tiap lapisan (Das 1995, 235). Berikut adalah gambar alat pemadatan yang ditunjukkan pada **gambar 2.12**.



Gambar 2.12 Alat uji Proctor, (a) cetakan, (b) penumbuk
(Sumber: Das, Mekanika Tanah, Jilid 1, hal 236)

Untuk setiap tanah yang dipadatkan, berat volume basah γ dari tanah dapat dihitung dengan:

$$\gamma = \frac{W}{V(m)} \quad \dots (2.11)$$

W = berat tanah yang dipadatkan di dalam cetakan

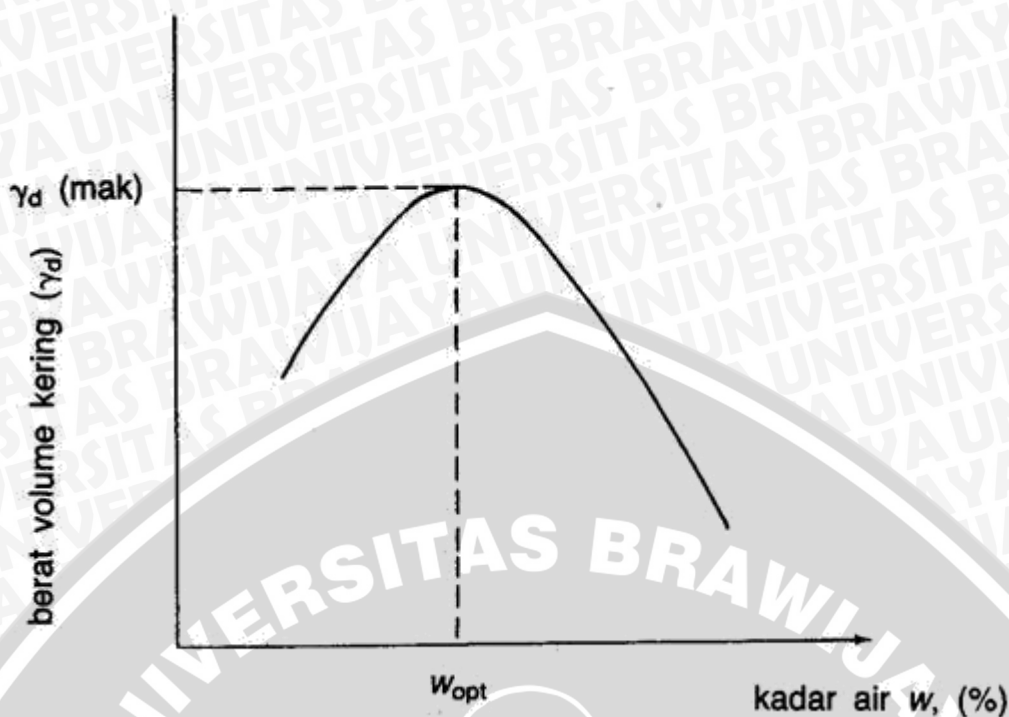
$V(m)$ = volume cetakan ($1/30 \text{ ft}^3 = 943,3 \text{ cm}^3$)

Dengan kadar air yang telah diketahui, berat volume kering γ_d dari tanah tersebut dapat dihitung dengan:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w(\%)}{100}} \quad \dots (2.12)$$

$w(\%)$ = persentase kadar air

Harga γ_d dapat digambarkan terhadap kadar air untuk mendapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum seperti yang ditampilkan pada **gambar 2.13**.



Gambar 2.13 Kurva hubungan kadar air dengan berat volume kering
(Sumber: Hardiyamo, *Mekanika Tanah 1*, hal 82)

Untuk prosedur pelaksanaan uji pemadatan standar, telah dirinci di dalam ASTM Test Designation D-698 dan di dalam AASHTO Test Designation T-99. Untuk kadar air tertentu, berat volume kering maksimum secara teoritis didapat bila por-pori dalam tanah sudag tidak ada udaranya lagi, yaitu tanah pada keadaan derajat kejenuhan maksimum. Jadi, berat volume kering maksimum pada suatu kadar air tertentu dengan kondisi “zero air void” dengan keadaan tanah yang sudah jenuh dapat ditulis dengan:

$$\gamma_{zav} = \frac{\gamma_w}{1+w G_s} = \frac{\gamma_w}{w + \frac{1}{G_s}} \quad \dots (2.14)$$

γ_{zav} = berat volume pada kondisi zero air void

γ_w = berat volume air

G_s = berat spesifik butiran padat tanah

w = kadar air

Tabel 2.9 di bawah ini menunjukkan standar-standar dalam percobaan pemadatan.

Tabel 2.9 Spesifikasi Uji Pemadatan

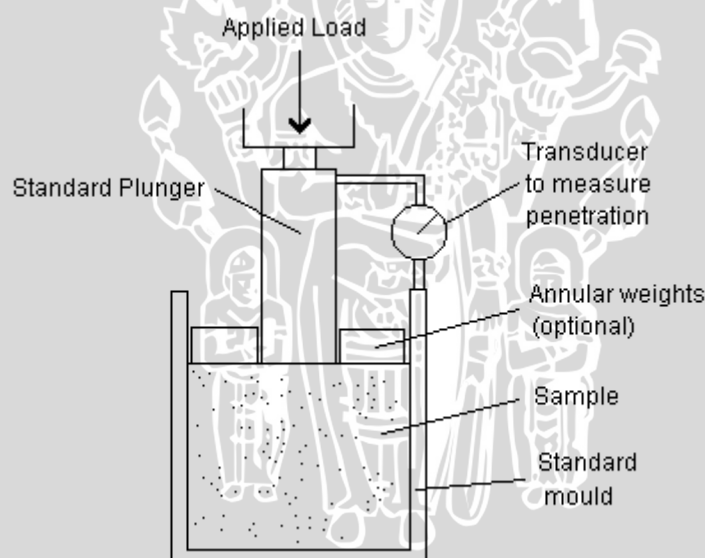
Penjelasan	Satuan	ASTM D-698, AASHTO T-99				ASTM D-1557, AASHTO T-180			
		Metode	Metode	Metode	Metode	Metode	Metode	Metode	Metode
		A	B	C	D	A	B	C	D
Cetakan Volume	ft ³	1/30	1/13,33	1/30	1/13,33	1/30	1/13,33	1/30	1/13,33
	cm ³	943,9	2124,3	943,9	2124,3	943,9	2124,3	943,9	2124,3
Tinggi	in	4,58	4,59	4,58	4,59	4,58	4,59	4,58	4,59
	mm	116,33	116,34	116,33	116,34	116,33	116,34	116,33	116,34
Diameter	in	4	6	4	6	4	6	4	6
	mm	101,6	152,4	101,6	152,4	101,6	152,4	101,6	152,4
Berat (massa) penumpuk	lb	5,5	5,5	5,5	5,5	10	10	10	10
	kg	2,5	2,5	2,5	2,5	4,54	4,54	4,54	4,54
Tinggi jatuh penumbuk	in	12	12	12	12	18	19	20	21
	mm	304,8	304,8	304,8	304,8	457,2	457,2	457,2	457,2
Jumlah lapisan tanah		3	3	3	3	5	5	5	5
Jumlah tumbukan tiap lapis		25	56	25	56	25	56	25	56
Fraksi tanah yang diuji lolos ayakan		No. 4	No. 4	3/4 in	3/4 in	No. 4	No. 4	3/4 in	3/4 in

*Faktor konversi: 1 lb massa = 0,4536 kg; 1 in = 25,4 mm; 1 ft³ = 28316,8 cm³

(Sumber, Das, Mekanika Tanah, Jilid 1, hal 245)

2.7. California Bearing Ratio (CBR) Laboratorium

Percobaan CBR dilakukan dengan menggunakan dongkrak mekanis yang dimana sebuah piston penetrasi ditekan agar masuk ke tanah dengan kecepatan 0,05 inci/menit. Luas piston itu 3 inci². Untuk menentukan beban yang bekerja pada piston dipakai sebuah *proving ring* yang terpasang antara piston dan dongkrak. Pada nilai penetrasi tertentu beban yang bekerja pada piston tercatat sehingga kemudian dapat dibuat grafik beban terhadap penetrasi. Harga CBR dihitung pada harga penetrasi 0,1 dan 0,2 inci, dengan cara membagi beban pada penetrasi ini masing-masing dengan beban sebesar 3000 dan 4500 pound (Wesley 1997, 171). Beban ini adalah beban standard yang diperoleh dari percobaan terhadap standard material yang dianggap mempunyai CBR-100%. Jadi harga CBR adalah perbandingan antara kekuatan tanah yang bersangkutan dengan kekuatan bahan agregat yang dianggap standard (Wesley 1997, 174). Di bawah ini merupakan **gambar 2.14** yang menjelaskan tentang percobaan CBR.



Gambar 2.14 Percobaan CBR

(Sumber: <http://mochfauzyrachman.blogspot.com>)

CBR laboratorium diukur dengan dua kondisi, yaitu kondisi tak terendam (*unsoaked*) dan kondisi terendam (*soaked*). Pada umumnya nilai CBR *soaked* akan lebih rendah daripada nilai CBR *unsoaked*. CBR *soaked* dinilai mewakili keadaan di lapangan sebenarnya, disini tanah akan direndam selama empat hari untuk mewakili kondisi terburuk di lapangan bila terjadi genangan air selama empat hari.

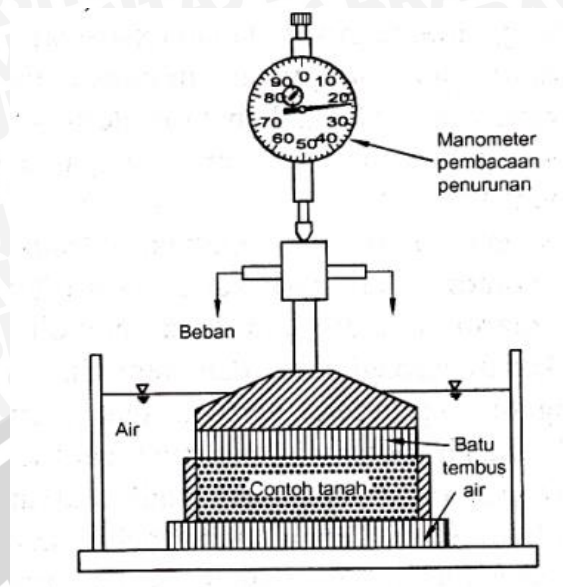
2.8. Swelling (Pengembangan)

Tanah mengembang (*swelling soil*) mempunyai potensi untuk mengembang dan menyusut yang besar, mengembang pada saat kondisi basah dan menyusut pada kondisi kering. Jenis mineral yang terkandung dalam tanah sangat mempengaruhi potensi *swelling* dan tingkat plastisitas yang rendah.

Swelling soil pada umumnya mengandung mineral *montmorillonite* (Mitchell, 1976), mempunyai *liquid limit* yang tinggi berkisar 100% sampai 900% sehingga untuk mendeteksi adanya mineral ini yang menyebabkan *swelling* digunakan harga *liquid limit* (Sutarman 2013, 145-146).

Proses pengembangan (*swelling*) dan penyusutan (*shrinkage*) terjadi akibat perubahan kadar air pada tanah tersebut. Tegangan yang meningkat dan disertai penurunan kadar air akan menyebabkan volume tanah menyusut, begutu juga sebaliknya bertambahnya kadar air akan menyebabkan proses pengembangan terjadi. Besarnya kembang susut pada suatu tanah tidak merata antara titik yang satu dengan titik yang lainnya sehingga menyebabkan perbedaan ketinggian permukaan tanah (*differential movement*) yang dapat menimbulkan kerugian pada struktur yang ada di atasnya.

Uji *swelling* dilakukan di silinder berbahan logam. Waktu yang dibuthkan untuk pengujian dipertimbangkan terhadap waktu yang dibutuhkan air untuk masuk ke dalam tanah, karena tanah ekspansiftidak segera mengembang ketika berinteraksi dengan air. Beberapa penelitian melakukan pengujian ini selama 2 jam dan menunggu sampai kecepatan mengembang mencapai kecepatan tertentu (0,001"/jam), sehingga memerlukan waktu beberapa hari. Gambar di bawah ini merupakan penjelasan tentang percobaan pengembangan (*swelling*) yang ditunjukkan pada **gambar 2.15**.



Gambar 2.15. Uji Swelling

(Sumber: Budi Santosa dkk, 1998, hal 58)

2.8.1. Pengujian Persentase Mengembang

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai *swell* akibat adanya beban vertical. Hal ini terjadi akibat air yang masuk ke pori-pori tanah dan menyebabkan perubahan isi pori tanah sehingga tekanan vertical bekerja pada tanah tersebut.

2.8.2. Pengujian Tekanan Pengembangan

Tekanan ke tanah sangat mempengaruhi proses terjadinya pengembangan pada tanah. Tekanan pengembangan yang mencegah tanah mengembang disebut tekanan pengembangan (*swelling pressure*). Chen (1988) dan beberapa peneliti berpendapat bahwa tekanan pengembangan tidak tergantung pada kadar air awal, derajat kejenuhan awal, tingkat ketebalan tanah, dan variasi berat volume kering, dan oleh karena ini merupakan fundamental sifat-sifat tanah ekspansif.

Untuk tanah asli (*undisturbed*), Chen (1988) mendefinisikan tekanan pengembangan sebagai tekanan yang dibutuhkan untuk mencegah tanah unyuk mengembang pada berat volume kering di tempat. Untuk tanah yang dibentuk kembali (*remolded*) pada 100% kepadatan relative, tekanan pengembangan adalah tekanan yang diperlukan untuk menjaga berat volume kering tersebut (Hardiyatmo 2010, 134).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Waktu : Mei 2014 sampai dengan Oktober 2014.

Tempat : Laboratorim Mekanika Tanah dan Geoteknik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

3.2. Perlakuan Benda Uji

Penelitian ini dilakukan dengan tiga perlakuan, yaitu variasi waktu *curing* pada tanah lempung ekspansif yang akan dicampur dengan 6% abu sekam padi. Variasi *curing* yang dilakukan yaitu 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

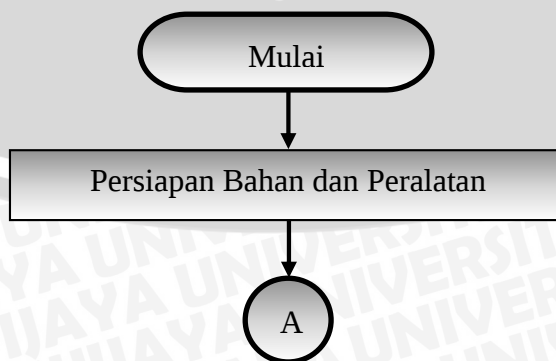
3.3. Bahan dan Alat

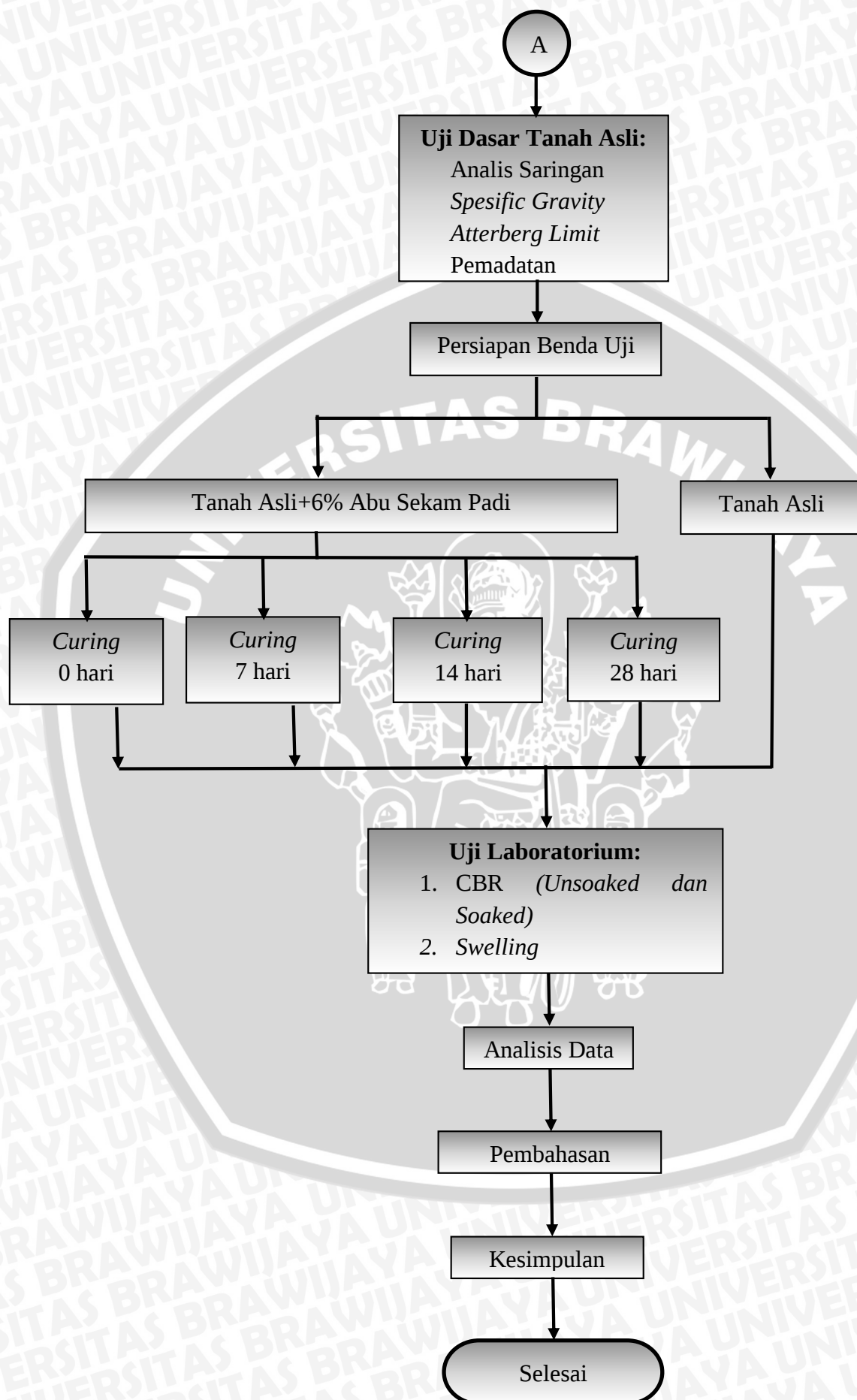
Bahan yang digunakan adalah tanah lempung ekspansif yang diambil di Kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro. Sampel yang diambil adalah *disturbed soil*.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Analisis Butiran (**ASTM C-136-46 dan ASTM D-422-27**)
2. Pemeriksaan *Specific Gravity*
3. Pemeriksaan Batas Konsistensi (**ASTM 1989 D 4318**)
4. Uji *Swelling* (**ASTM D-4546-90**)
5. Uji Proktor Standart (**ASTM D-698 (Metode B)**)
6. Uji CBR (**ASTM D-1883**)

Alur penelitian:





3.4. Rancangan Penelitian

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

Komposisi Tanah	Kadar Air	γ _d	CBR (<i>unsoaked</i>)	CBR (<i>soaked</i>)	Swelling
Tanah Asli	OMC				
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi curing 0 hari	OMC				
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi curing 7 hari	OMC				
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi curing 14 hari	OMC				
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi curing 28 hari	OMC				

3.5. Pengujian

Langkah-langkah pengujian ini sebagai berikut:

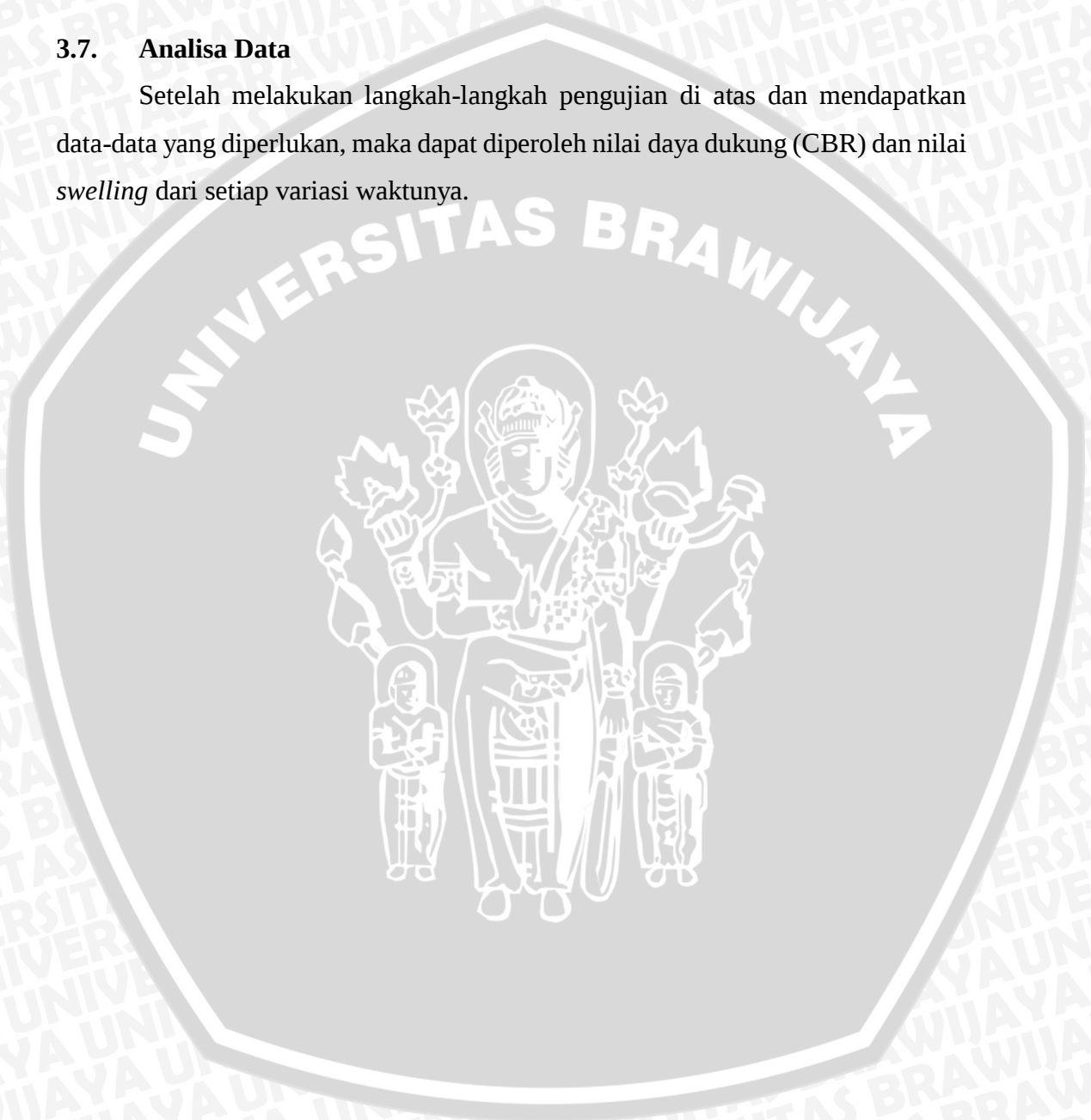
1. Tanah lempung yang diambil dikering dengan dijemur dan dihancurkan. Kemudian disaring dengan saringan No. 4 (4,75 mm).
2. Timbang tanah dengan 6% abu sekam padi dari berat kering tanah sebanyak 4,0 kg.
3. Lakukan percobaan pemadatan untuk memperoleh nilai kadar air optimum dari tanah asli yang disebut OMC.
4. *Curing* tanah dengan lama waktu 7 hari ditambah 6% abu sekam padi untuk mendapatkan nilai CBR dan *swelling*.
5. *Curing* tanah dengan lama waktu 14 hari ditambah 6% abu sekam padi untuk mendapatkan nilai CBR dan *swelling*.
6. *Curing* tanah dengan lama waktu 28 hari ditambah 6% abu sekam padi untuk mendapatkan nilai CBR dan *swelling*.
7. Lakukan pengujian CBR (*unsoaked* dan *soaked*) dan *swelling* pada langkah 3, 4, 5, dan 6 pada variasi waktu *curing*.

3.6. Metode Curing

Metode *curing* yang dilakukan meletakkan benda uji di *box* yang ditutup karung goni basah. *Curing* ini dilakukan untuk menjaga kadar air yang ada di dalam benda uji.

3.7. Analisa Data

Setelah melakukan langkah-langkah pengujian di atas dan mendapatkan data-data yang diperlukan, maka dapat diperoleh nilai daya dukung (CBR) dan nilai *swelling* dari setiap variasi waktunya.



BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian *Specific Gravity*

Pengujian *specific gravity* bertujuan untuk mengetahui nilai perbandingan berat tanah dengan berat air pada suhu tertentu. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu sekam padi, serta campuran tanah asli + 5% abu sekam padi, campuran tanah asli + 6% abu sekam padi, dan campuran tanah asli + 6,5% abu sekam padi. Hasil pengujian *specific gravity* ini dapat dilihat dari **tabel 4.1** di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil pengujian *specific gravity*

Bahan	<i>Specific Gravity</i>
Tanah Asli	2.60
Abu Sekam Padi	2.10
Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi	2.57
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi	2.54
Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi	2.52

Berdasarkan hasil data pengujian *specific gravity* tanah asli memiliki *specivic gravity* 2,60 dan abu sekam padi memiliki *specivic gravity* 2,10. Dengan adanya pencampuran tanah asli dan abu sekam padi menyebabkan nilai *specivic gravity* menurun dari nilai tanah asli. Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap tanah asli dapat dilihat pada **gambar 4.1**. di bawah ini.



Gambar 4.1 Pengaruh penambahan abu sekam padi terhadap nilai *specivic gravity*

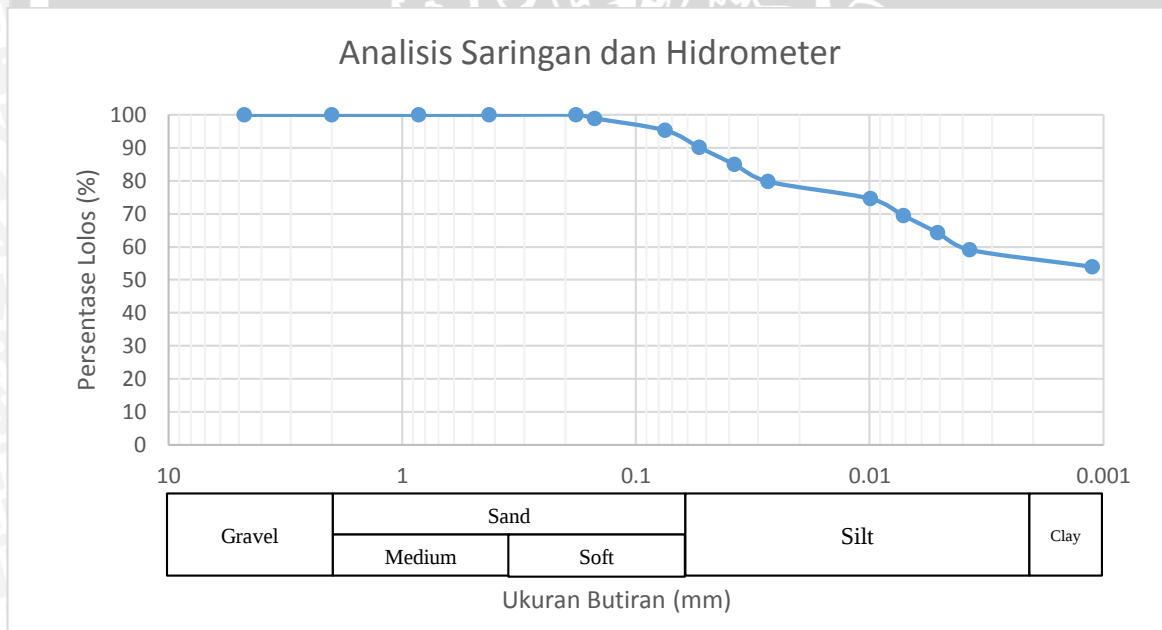
Berdasarkan hasil dari pengujian, seiring bertambahnya jumlah abu sekam padi yang dicampurkan dengan tanah asli mengakibatkan nilai *specivic gravity* menurun. Hal ini diakibatkan karena nilai *specivic gravity* abu sekam padi yang lebih rendah, sehingga semakin banyak persentase abu sekam yang ditambahkan ke tanah asli akan menurunkan nilai *specivic gravity*.

4.2. Klasifikasi Tanah

4.2.1. Analisis Saringan dan Hidrometer

Uji analisis saringan dibagi menjadi dua, yaitu analisis saringan (*mechanical grain size*) dan analisis hydrometer. Analisis saringan (*mechanical grain size*) untuk menentukan pembagian butiran kasar dan butiran halus yang tertahan pada saringan no. 200. Analisis hidrometer untuk mengetahui distribusi ukuran butiran untuk tanah yang berada di pan atau lolos saringan no. 200.

Berikut ini adalah hasil analisis butiran tercantum pada **gambar 4.2** di bawah ini.



Gambar 4.2 Analisis Saringan dan Hidrometer

Dari gambar di atas, tanah dari Kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro ini memiliki persentase distribusi lolos saringan no. 200 sebesar 95,3024% dan menurut sistem klasifikasi tanah USCS termasuk jenis tanah berbutir halus.

4.2.2. Pengujian Batas-batas Atterberg

Pada tanah berbutir halus, hal yang penting adalah plastisitas yang disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Plastisitas digambarkan sebagai kemampuan tanah dalam perubahan bentuk dalam volume yang konstan tanpa adanya terjadi retak-retak.

Pengujian batas-batas *atterberg* meliputi batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*). Pada pengujian batas-batas *atterberg* ini, tanah asli akan distabilisasi dengan dicampuran abu sekam padi dengan kadar 5%, 6%, dan 6,5%. Berikut ini hasil dari pengujian batas-batas *atterberg* dapat dilihat pada **tabel 4.2**.

Tabel 4.2 Hasil pengujian batas-batas *atterberg*

Komposisi Tanah	Batas Cair	Batas Plastis	Batas Susut	Indeks Plastisitas
Tanah Asli	104.00	44.41	2.82	59.59
Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi	103.00	39.52	3.17	63.48
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi	89.00	42.90	3.70	46.10
Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi	88.00	44.08	4.09	43.92

Dari hasil pengujian batas-batas *atterberg* terhadap tanah asli ini didapat nilai batas cair 104,00%, batas plastis 44,41%, batas susut 2,82%, dan indeks plastisitas 59,59%. Dengan adanya pertambahan kadar abu sekam padi, telah menurunkan nilai indeks plastisitas. Hal ini disebabkan karena pori-pori tanah diisi oleh butiran abu sekam padi.

4.2.3. Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan USCS

Berdasarkan klasifikasi tanah USCS, hasil dari analisis saringan dengan persentase lolos saringan no. 200 sebesar 95,3024% dan nilai batas cair sebesar 104,00%, maka tanah di daerah Kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro ini dapat diklasifikasikan sebagai lempung tak organik dengan plastisitas tinggi (CH).

4.2.4. Sistem Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

Berdasarkan klarifikasi tanah AASHTO, dengan persentase lolos saringan no. 200 sebesar 95,3024%, nilai batas cair 104,00%, dan indeks plastisitas 59,59%, tanah di daerah Kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro termasuk ke tipe A-7-5, yaitu $PI \leq LL-30$. Berdasarkan AASHTO, tanah A-7-5 termasuk tanah berlempung biasa sampai jelek.

4.2.5. Sifat Ekspansifitas

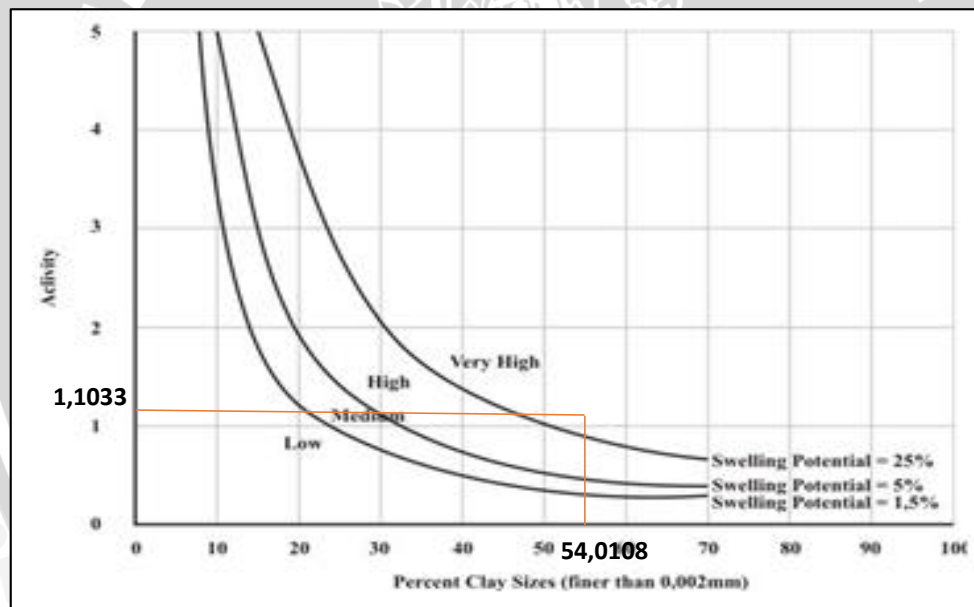
Berdasarkan tabel 2.3, tanah dari Kecamatan Ngasem, Kabupaten Bojonegoro mempunyai *swelling potensial* yang tinggi karena nilai indeks platisitasnya mencapai 59,59% sehingga masuk dalam kategori *very high*. Sedangkan untuk mengetahui tingkat aktivitasnya, menggunakan persamaan (2.1).

$$Activity = \frac{PI}{c}$$

$$Activity = \frac{59,59}{54,0108}$$

$$Activity = 1,1033$$

Dari perhitungan dengan menggunakan persamaan di atas, didapatkan plot data sehingga mendapatkan hasil *very high* pada *swelling potensial* sesuai pada **gambar 4.3** di bawah ini.



Gambar 4.3 Klasifikasi *swelling potensial*

4.3. Pengujian Pemadatan Standar

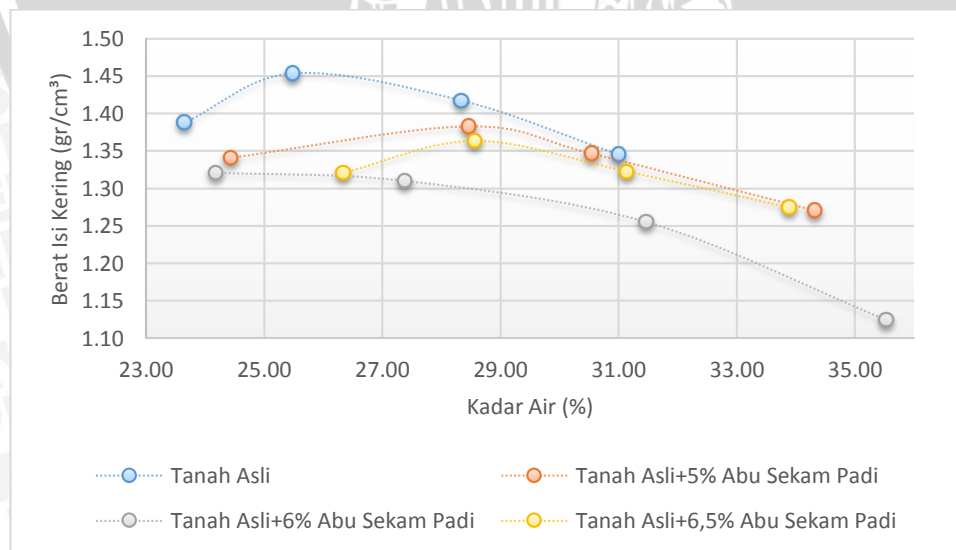
Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasikan pemampatan partikel. Energi pemadatan di lapangan dapat diperoleh dengan mesin gilas, alat pemadat getaran, dan benda berat yang dijatuhkan. Sedangkan di laboratorium, pemadatan dilakukan dengan cara menggunakan daya impak, alat penekan, atau tekanan statis dengan menggunakan mesin piston dan tekanan.

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering maksimum dari tanah yang digunakan dalam pengujian. Dalam pengujian pemadatan standar ini tidak hanya dilakukan untuk tanah asli saja, tapi untuk tanah campuran abu sekam padi dengan persentase 5%, 6%, dan 6,5% dengan tujuan untuk mencari masing-masing kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering dari pencampuran tanah asli dengan abu sekam padi tersebut serta untuk variasi curing 7 hari, 14 hari, 28 hari untuk pencampuran tanah asli dengan 6% abu sekam padi.

Pengujian pemadatan standar ini akan menggunakan Metode B ASTM D-698 dengan spesifikasi sebagai berikut.

- Volume cetakan $2124,3 \text{ cm}^3$
- Tinggi cetakan 116,34 mm
- Diameter 152,4 mm
- Berat penumbuk 2,5 kg
- Tinggi jatuh penumbuk 304,8 mm
- Jumlah lapisan tanah 3
- Jumlah tubukan tiap lapisan 56 kali
- Fraksi lolos yang diuji lolos ayakan no.4

Hasil pengujian pemadatan standar pada tanah asli dan tanah asli dengan distabilisasi abu sekam padi sebanyak 5%, 6%, dan 6,5% akan ditampilkan dalam **gambar 4.4** di bawah ini.



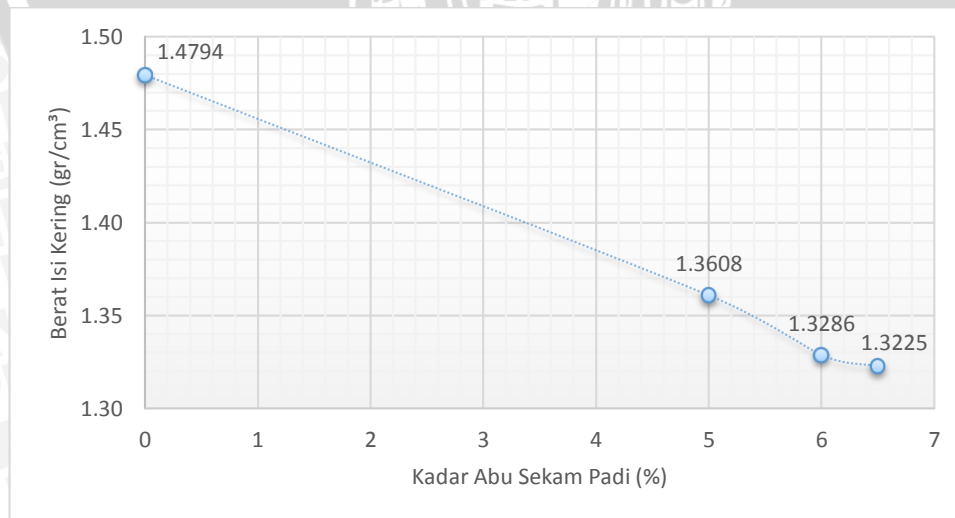
Gambar 4.4 Perbandingan hasil pemadatan tiap campuran abu sekam padi

Dari **gambar 4.4** dapat dilihat hasil masing-masing pemadatan dari tiap persentase campuran memiliki nilai kadar air optimum dan berat isi kering maksimum yang berbeda-beda. **Tabel 4.3** menampilkan masing-masing kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering maksimum pada tiap campuran.

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Pemadatan Standar

Komposisi Tanah	Kadar Air Optimum (%)	Berat Isi Kering Maksimum (gr/cm ³)
Tanah Asli	26.8909	1.4794
Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi	27.7308	1.3608
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi	25.5000	1.3286
Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi	28.7353	1.3225

Dari tabel di atas didapatkan nilai kadar air optimum (OMC) tanah asli sebesar 26,8909% dengan berat isi kering maksimum 1,4794 gr/cm³. Setelah dipadatkan, pada tanah asli ruang pori yang diisi udara diisi oleh butiran tanah itu sendiri. Dengan adanya penambahan abu sekam padi, pori yang diisi udara akan diisi oleh butiran-butiran abu sekam padi. Salah satu fungsi abu sekam adalah untuk mengisi pori tanah yang kosong sehingga membuat tanah menjadi lebih padat. Namun dikarenakan butiran abu sekam padi memiliki berat yang lebih ringan dari butiran tanah lempung sehingga semakin penambahan kadar abu sekam padi akan mengurangi nilai berat isi kering maksimum. Berikut ini adalah **gambar 4.5** yang menampilkan hubungan kadar air optimum (OMC) dengan berat isi kering optimum.



Gambar 4.5 Hubungan Antara Penambahan Kadar Abu Sekam dengan Berat Isi Kering

4.4. Pengujian CBR Laboratorium

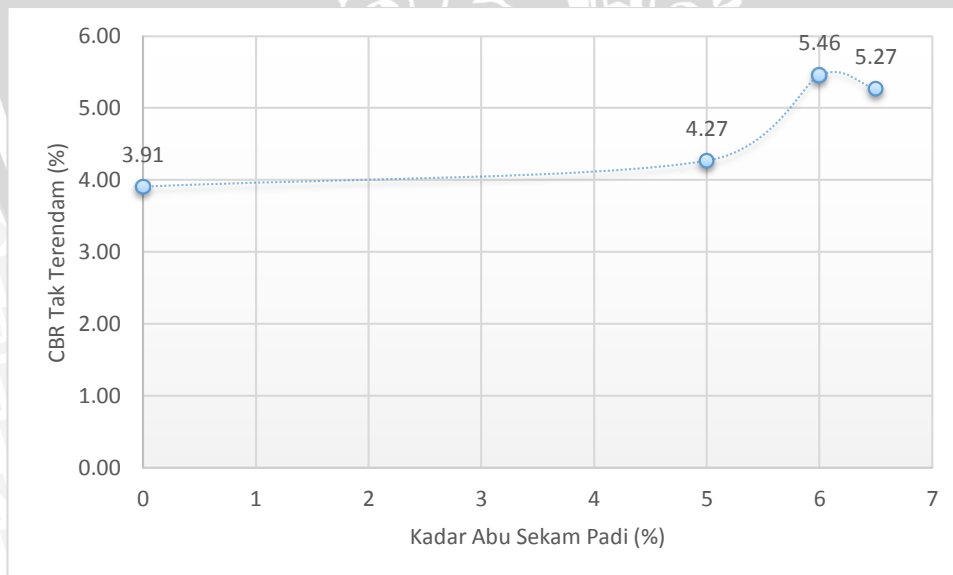
Pada penelitian ini pengujian CBR ada dua jenis, yaitu CBR tak terendam (*unsoaked*) dan CBR terendam (*soaked*). Untuk masing-masing variasi campuran, dilakukan CBR tak terendam (*unsoaked*) dan CBR terendam (*soaked*) dengan menggunakan kadar air optimum yang diperoleh dari hasil pemadatan.

4.4.1. Pengujian CBR Tak Terendam (*Unsoaked*)

Pengujian CBR tak terendam (*unsoaked*) dilakukan dengan variasi kadar air optimum yang didapatkan dari pengujian pemadatan standar pada masing-masing pencampuran tanah asli dengan beberapa kadar abu sekam padi. Hasil dari CBR tak terendam (*unsoaked*) disajikan dalam **tabel 4.4** dan **gambar 4.6** sebagai berikut ini.

Tabel 4.4 Hasil CBR Tak Terendam (*Unsoaked*)

Komposisi Bahan	Kadar Air (%)	Berat Isi Kering (gr/cm ³)	CBR <i>Unsoaked</i> (%)
Tanah Asli	28.19	1.48	3.91
Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi	27.98	1.35	4.27
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi	27.21	1.30	5.46
Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi	30.87	1.35	5.27



Gambar 4.6 Perbandingan Nilai CBR *Unsoaked* dengan Variasi Kadar Abu Sekam Padi

Pada hasil pengujian menunjukkan hasil bahwa nilai CBR berbanding terbalik dengan berat isi kering. Seharusnya nilai CBR berbanding lurus dengan berat isi kering. Hal ini disebabkan akibat berat butiran abu sekam padi lebih ringan dari berat butiran tanah lempung.

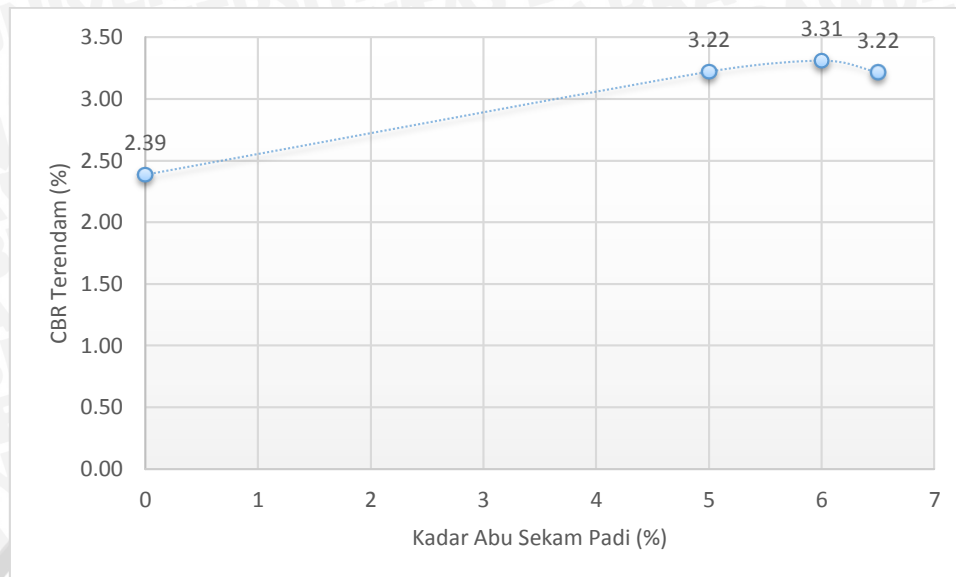
Pada **gambar 4.6** dapat diketahui, bahwa penambahan 6% abu sekam padi dapat meningkatkan nilai CBR tak terendam (*unsoaked*) paling maksimum. Peningkatan ini disebabkan abu sekam padi mengisi pori tanah sehingga meningkatkan CBR tak terendam (*unsoaked*). Namun pada pencampuran 6,5% abu sekam padi, nilai CBR tak terendam (*unsoaked*) terjadi penurunan. Hal ini disebabkan pori yang sudah tertutup dengan 6% abu sekam menjadi longgar dengan penambahan abu sekam lagi. Abu sekam padi disini hanya berperan sebagai pengisi ruang-ruang di pori tanah atau untuk memperbaiki gradasi. Pada pengujian ini, nilai optimum untuk penambahan abu sekam padi adalah 6% yang ditunjukkan dengan nilai CBR tak terendam (*unsoaked*) tertinggi dibandingkan dengan campuran 5% atau 6,5% abu sekam.

4.4.2. Pengujian CBR Terendam (*Soaked*)

CBR terendam (*soaked*) dilakukan dengan tujuan mengetahui besarnya nilai CBR saat tanah dalam keadaan jenuh air dan mengetahui nilai mengembangnya. Sehingga pada keadaan ini, sampel mengalami pengembangan maksimum, dimana sampel dan cetakan dimasukkan dalam air selama 2 hari. CBR terendam (*soaked*) ini dilakukan dengan menggunakan kadar air maksimum masing-masing campuran yang didapatkan dari pengujian pemadatan standar. Berikut ini adalah hasil dari CBR terendam (*soaked*) dari masing-masing kadar campuran abu sekam padi yang disajikan dalam **tabel 4.5** dan **gambar 4.7**.

Tabel 4.5 Hasil CBR Terendam (*Soaked*)

Komposisi Bahan	Kadar Air (%)	Berat Isi Kering (gr/cm ³)	CBR Soaked (%)
Tanah Asli	31.84	1.4223	2.39
Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi	31.94	1.4142	3.22
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi	32.21	1.4113	3.31
Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi	32.89	1.4111	3.22



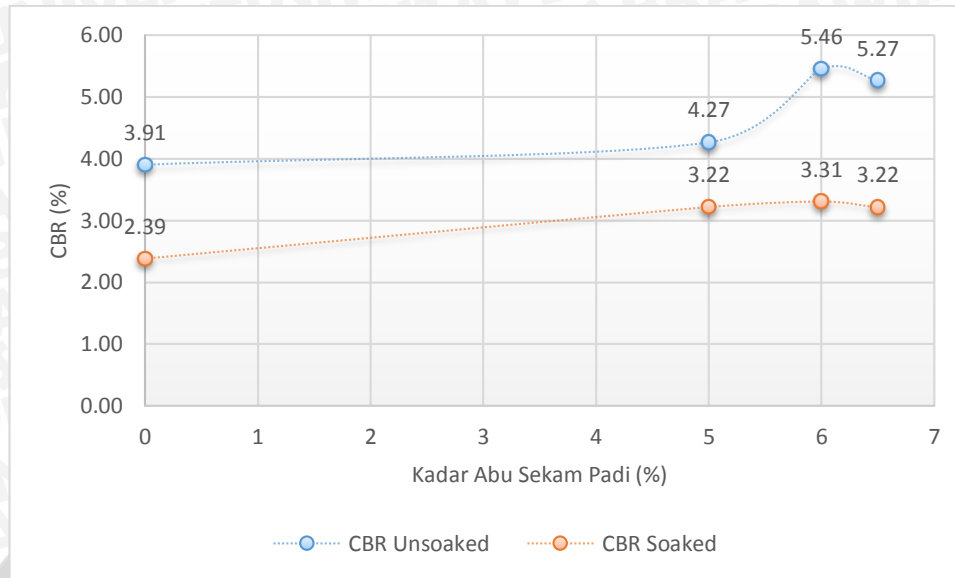
Gambar 4.7 Perbandingan Nilai CBR *Soaked* dengan Variasi Kadar Abu Sekam Padi

Pada hasil dari CBR terendam (*soaked*) memiliki pola yang sama dengan CBR tak terendam (*unsoaked*), tapi disini terjadi penurunan nilai. Hal ini disebabkan tanah yang dalam keadaan basah sehingga mengurangi kekuatan tanah itu sendiri. Pada keadaan kering banyak air yang akan meresap ke dalam tanah, sehingga tanah menjadi lunak. Sebaliknya apabila kadar air lebih besar dari kadar air optimum (OMC) maka hanya sedikit air yang dapat meresap sehingga pengaruh terhadap sampel akan lebih baik (L. D. Wesley, 1977).

Dari hasil pengujian CBR terendam (*soaked*) diketahui bahwa campuran nilai paling baik adalah tanah asli dengan pencampuran 6% abu sekam padi.

4.4.3. Perbandingan Antara CBR *Unsoaked* dan CBR *Soaked*

Disini adalah hubungan antara nilai CBR *unsoaked* dan CBR *soaked* dengan kondisi kadar air optimum (OMC) pada setiap campuran abu sekam padi ditampilkan pada **gambar 4.8** berikut ini.



Gambar 4.8 Perbandingan Antara CBR *Unsoaked* dan CBR *Soaked*

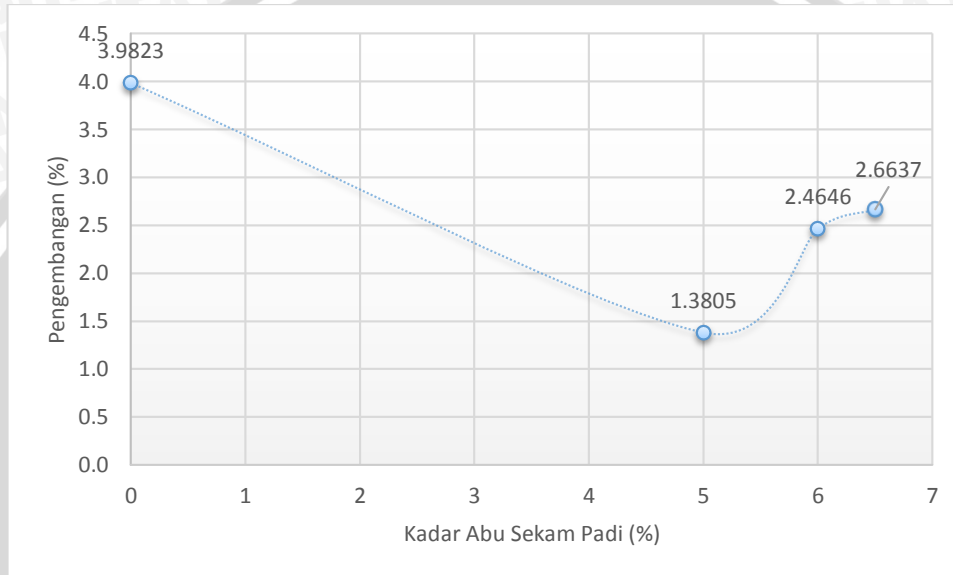
Dapat dilihat digambar 4.6. diketahui bahwa nilai CBR tak terendam (*unsoaked*) memiliki nilai lebih besar daripada CBR terendam (*soaked*). Nilai CBR tak terendam (*unsoaked*) maksimum sebesar 5,46% pada tanah asli + 6% abu sekam padi dan nilai CBR terendam (*soaked*) maksimum sebesar 3,31% pada tanah asli + 6% abu sekam padi. Menurunnya nilai CBR ini diakibatkan adanya air yang masuk ke dalam tanah sehingga kadar airnya meningkat dan berakibat semakin lemahnya kekuatan tanah tersebut. Air masuk mengisi pori-pori yang kosong, sehingga saat tanah dibebani air keluar dari pori-pori tanah yang menyebabkan menurunnya kekuatan tanah tersebut.

4.5. Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

Pengembangan (*swell*) adalah perbandingan perubahan tinggi selama perendaman terhadap tinggi sampel semula sebelum dilakukan perendaman yang dinyatakan dalam persentase (%). Uji pengembangan (*swell*) ini dilakukan selama 52 jam. Pada pengujian pengembangan (*swell*) ini dilakukan dengan kadar air optimum (OMC) dari masing-masing campuran tanah asli dengan abu sekam. Hasil pengujian dapat dilihat pada **tabel 4.6** dan **gambar 4.9** sebagai berikut.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

Komposisi Bahan	Kadar Air (%)	Berat Isi Kering (gr/cm ³)	Swell (%)
Tanah Asli	31.84	1.4223	3.9823
Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi	31.94	1.4142	1.3805
Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi	32.21	1.4113	2.4646
Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi	32.89	1.4111	2.6637

**Gambar 4.9** Perbandingan Nilai *Swelling* dengan masing-masing Kadar Abu Sekam Padi

Pada tabel dan gambar di atas diperoleh hasil nilai pengembangan tanah asli sebesar 3,9823%. Tingkat pengembangan tanah asli mempunyai nilai paling besar, dengan itu distabilisasi dengan ditambahkan zat aditif dengan harapan akan mengurangi tingkat pengembangan (*swelling*). Namun menurut Ratna Yuniarti dkk tahun 2008 dalam jurnal Perbandingan Nilai Daya Dukung Tanah Dasar Badan Jalan Yang Distabilisasi Semen dan Abu Sekam Padi tanah yang distabilisasi dengan abu sekam padi akan mengalami penurunan dalam CBR terendam (*soaked*). Perendaman dalam air mengakibatkan melemahnya ikatan antar butiran tanah dengan abu sekam padi. Sehingga semakin banyak kadar penambahan abu sekam padi, maka akan meningkatkan potensi pengembangan (*swelling*).

Pada tanah asli + 5% abu sekam padi, tingkat pengembangan (*swelling*) diperoleh yang paling kecil dengan 1,3805%. Sedangkan pada tanah asli + 6% abu sekam padi diperoleh tingkat pengembangan (*swelling*) sebesar 2,4646% dan 2,6637% untuk tanah asli

+ 6,5% abu sekam padi. Jumlah sampel yang hanya satu buah bisa menjadi pengaruh karena hanya dari sampel itu data didapatkan. Dari segi usaha pemadatan juga dapat terjadi, semakin besar usaha pemadatan maka tanah akan semakin padat, pori-pori udara akan terisi oleh butiran tanah dan abu sekam padi. Atau pun karena terganggunya sampel saat pengambilan data, dengan contoh sampel terkena guncangan. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan data yang diperoleh seperti **tabel 4.6** dan **gambar 4.9**.

Abu sekam padi mengurangi potensi *swelling* karena mengandung silika yang tinggi. Kandungan silika ini dapat mencegah perubahan kation yang besar dalam kapasitas dan tarikan terhadap air dengan ion-ion H^+ , karena tidak terdapat ion-ion logam. Peran dari silika inilah yang membuat montmorilonit dalam lempung ekspansif berkurang kemampuannya dalam menyerap air.

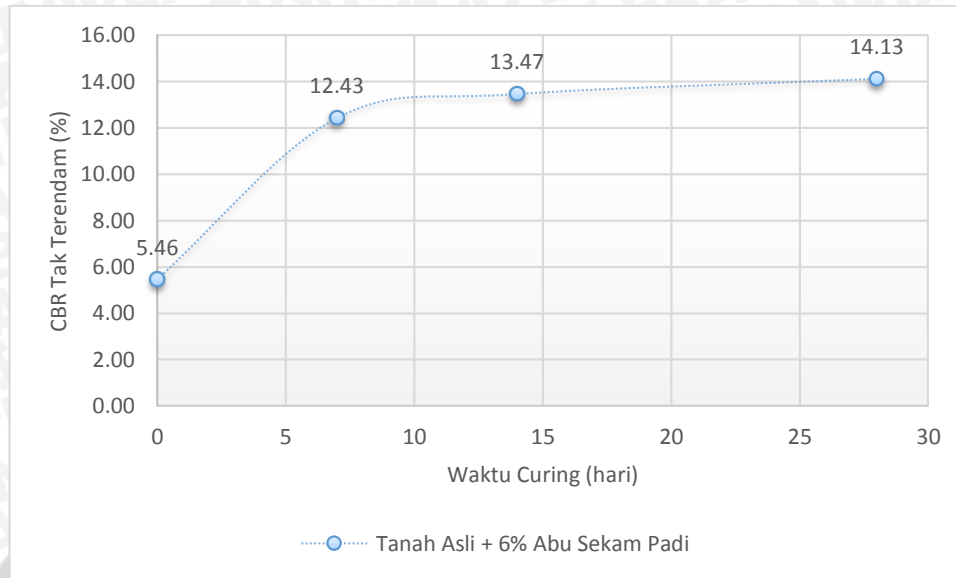
4.6. Pengujian CBR Laboratorium dengan Variasi Waktu *Curing*

4.6.1. Pengujian CBR Tak Terendam (*Unsoaked*) dengan Variasi Waktu *Curing*

Pengujian CBR tak terendam (*unsoaked*) dengan variasi waktu *curing* dilakukan dengan tanah asli + 6% abu sekam padi karena pada campuran ini nilai CBR tak terendam (*unsoaked*) paling tinggi. Variasi waktu *curing* ditetapkan 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Berikut ini adalah hasil dari CBR tak terendam (*unsoaked*) tanah asli + 6% abu sekam padi dengan variasi waktu. Berikut ini hasil yang diperoleh untuk tanah asli + 6% abu sekam padi yang *dicuring* untuk masing-masing hari dapat dilihat dalam **tabel 4.7** dan **gambar 4.10**.

Tabel 4.7 Hasil CBR Tak Terendam (*Unsoaked*) dengan Variasi Waktu *Curing*

Komposisi Bahan Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi	Kadar Air (%)	Berat Isi Kering (gr/cm ³)	CBR <i>Unsoaked</i> (%)
Variasi <i>curing</i> 0 hari	27.21	1.30	5.46
Variasi <i>curing</i> 7 hari	26.51	1.33	12.43
Variasi <i>curing</i> 14 hari	25.75	1.31	13.47
Variasi <i>curing</i> 28 hari	31.64	1.38	14.13



Gambar 4.10 Perbandingan Nilai CBR Tak Terendam dengan Variasi Waktu Curing

Berdasarkan **tabel 4.7** dan **gambar 4.10** waktu *curing* berpengaruh dalam meningkatkan nilai CBR tak terendam (*unsoaked*). Nilai tertinggi terdapat pada variasi waktu *curing* 28 hari dengan CBR tak terendam (*unsoaked*) 14,13%, tapi kenaikan yang signifikan terjadi pada variasi waktu *curing* 7 hari, dengan kenaikan 12,43% dari yang sebelumnya 5,46% dengan variasi waktu *curing* 0 hari. Meningkatnya nilai CBR tak terendam seiring waktu *curing* disebabkan membutuhkan waktu untuk mengikat butiran-butiran tanah dalam proses sementasi, sehingga tanah menjadi lebih keras.

4.6.2. Pengujian CBR Terendam (*Soaked*) dengan Variasi Waktu Curing

Pengujian CBR terendam (*soaked*) dengan variasi waktu dilakukan pada tanah asli + 6% abu sekam padi karena nilai CBR terendam (*soaked*) mempunyai nilai tertinggi dengan 3,31%. Variasi waktu *curing* sama dengan CBR tak terendam yaitu 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Berikut ini adalah hasil dair CBR terendam (*soaked*) pada tanah asli + 6% abu sekam padi yang dapat dilihat dari **tabel 4.8** dan **gambar 4.11**.

Tabel 4.8 Hasil CBR Tak Terendam (*Unsoaked*) dengan Variasi Waktu *Curing*

Komposisi Bahan Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi	Kadar Air (%)	Berat Isi Kering (gr/cm ³)	CBR <i>Soaked</i> (%)
Variasi <i>curing</i> 0 hari	32.21	1.41	3.31
Variasi <i>curing</i> 7 hari	40.56	1.33	1.45
Variasi <i>curing</i> 14 hari	27.75	1.42	2.71
Variasi <i>curing</i> 28 hari	34.18	1.35	3.14

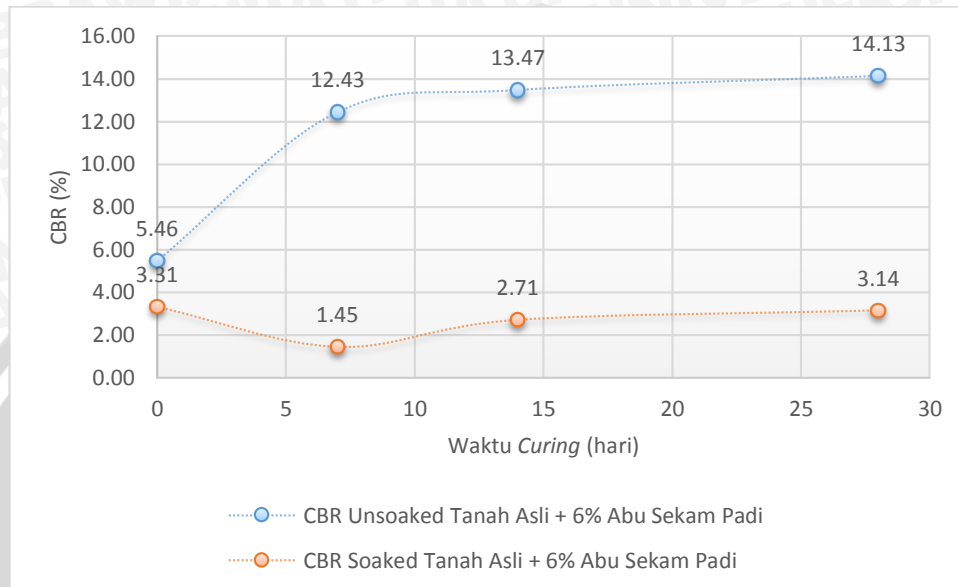
**Gambar 4.11** Perbandingan Nilai CBR Terendam dengan Variasi Waktu *Curing*

Berdasarkan data yang diperoleh dari tabel 4.8. dan gambar 4.9. data CBR terendam tidak sesuai hipotesa bahwa waktu *curing* dapat meningkatkan nilai CBR terendam (*soaked*). Pada hasil pengujian CBR terendam (*soaked*), nilai tertinggi pada waktu *curing* 0 hari dengan 3,31%. Sedangkan pada waktu *curing* CBR terendam (*soaked*) lebih kecil dari waktu *curing* 0 hari.

Terjadinya penurunan pada setiap waktu *curing* dibanding dengan sampel tanpa *curing* dikarenakan metode *curing* kurang baik sehingga kadar air yang ada dalam sampel berkurang. Berkurangnya kadar air mengakibatkan proses sementasi terganggu sehingga hasilnya tidak akan maksimal, itulah sebabnya terjadi penurunan nilai CBR dengan *curing* dibanding sampel tanpa *curing*. Pada sampel *curing* 7 hari, terjadi pengurangan kadar air yang cukup besar dengan indikasi penurunan berat sampel setelah dicuring.

4.6.3. Perbandingan Antara CBR *Unsoaked* dan CBR *Soaked* dengan Variasi Waktu Curing

Disini adalah hubungan Antara nilai CBR *unsoaked* dan CBR *soaked* dengan komposisi bahan tanah asli + 6% abu sekam padi ditampilkan dalam **gambar 4.12**.



Gambar 4.12 Perbandingan Nilai CBR *Unsoaked* dan CBR *Soaked*

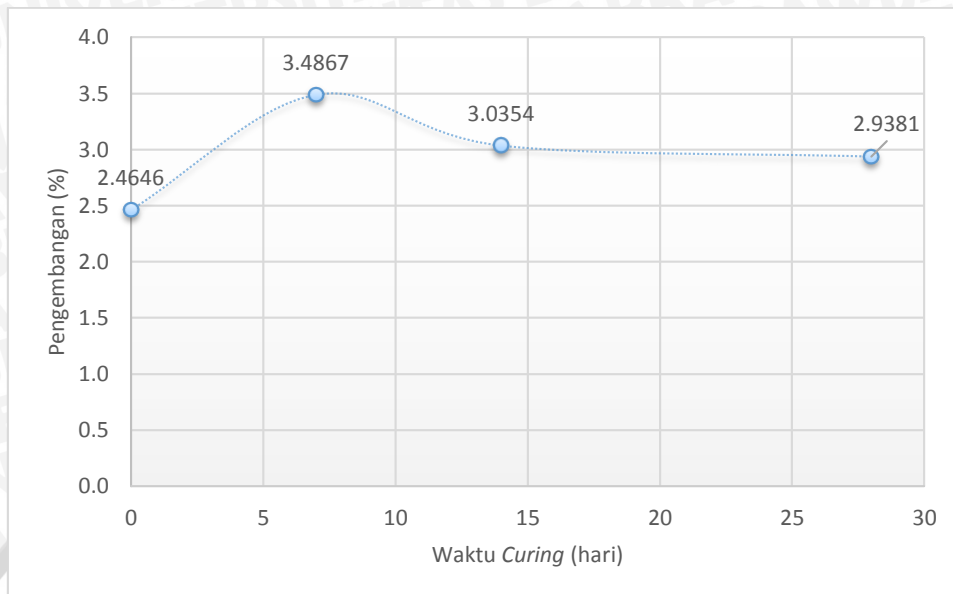
Pada **gambar 4.12** dapat dilihat bahwa nilai CBR tak terendam (*unsoaked*) lebih besar dari CBR terendam (*soaked*). Sama halnya dengan tanah yang tidak di *curing*, CBR terendam lebih rendah karena masuknya air ke pori-pori tanah sehingga melemahkan ikatan antar butiran tanah dan abu sekam padi.

4.7. Pengujian Pengembangan (*Swelling*) dengan Variasi Waktu Curing

Pada pengujian pengembangan (*swelling*) ini dilakukan dengan komposisi tanah asli + 6% abu sekam padi dengan variasi waktu curing 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Hasil pengujian dapat dilihat pada **tabel 4.9** dan **gambar 4.13** sebagai berikut.

Tabel 4.9 Hasil Pengujian Pengembangan (*Swelling*) dengan Variasi Waktu Curing

Komposisi Bahan Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi	Kadar Air (%)	Berat Isi Kering (gr/cm ³)	Swell (%)
Variasi <i>curing</i> 0 hari	32.21	1.4113	2.4646
Variasi <i>curing</i> 7 hari	40.56	1.3275	3.4867
Variasi <i>curing</i> 14 hari	27.75	1.4165	3.0354
Variasi <i>curing</i> 28 hari	34.18	1.3486	2.9381



Gambar 4.13 Perbandingan Nilai Swelling Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi dengan Variasi Waktu Curing

Dari data yang didapat seperti **tabel 4.9** dan **gambar 4.13** nilai pengembangan (swelling) dari waktu curing 0 hari mengalami peningkatan sampai waktu curing 7 hari dan turun saat 14 hari dan 28 hari. Hal ini dapat terjadi karena saat melakukan metode curing penjagaan kadar air yang ada pada sampel tidak merata. Sehingga ada yang berkurang kadar airnya dan saat melakukan perendaman air yang masuk menjadi lebih besar daripada sampel yang terjaga kadar airnya. Hal itu membuat pengembangan (swelling) menjadi lebih besar.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dan pembahasannya, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Dengan campuran 6% abu sekam padi dapat menghasilkan nilai CBR *unsoaked* sebesar 5,46% dan CBR *soaked* sebesar 3,31% yang lebih tinggi dari campuran 5% dan 6,5%. Untuk *swelling* terendah sebesar 1,38% dengan campuran 5% abu sekam padi dan untuk campuran 6% dan 6,5% menghasilkan *swelling* yang lebih besar.
2. Waktu *curing* berpengaruh dalam meningkatkan nilai CBR tak terendam (*unsoaked*) dari 5,46% *curing* 0 hari hingga 14,13% pada *curing* 28 hari, sedangkan untuk CBR *soaked* waktu *curing* mengalami penurunan dari 3,31% pada *curing* 0 hari ke 3,14% pada *curing* 28 hari dan untuk *swelling* waktu *curing* menyebabkan nilai pengembangan (*swelling*) meningkat dari 2,46% pada *curing* 0 hari menjadi 2,94% pada *curing* 28 hari.
3. Karena terjadinya kehilangan kadar air saat *curing*, sehingga sementasi yang terjadi tidak maksimum, direkomendasikan untuk menambah dengan zat aditif lain dengan tujuan menguatkan proses sementasi agar tanah lempung ekspansif lebih stabil.

5.1. Saran

Setelah melakukan analisis dan pembahasan terhadap hasil penelitian ini, maka muncul saran-saran untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut lagi. Saran yang dianjurkan sebagai berikut ini.

1. Perlu diadakan lanjutan penelitian lanjutan untuk mengerti metode *curing* yang cocok untuk stabilisasi tanah lempung ekspansif dengan abu sekam padi.
2. Perlu diteliti lagi kandungan abu sekam padi sehingga dapat menjadi bahan stabilisasi yang tepat untuk tanah lempung ekspansif.

DAFTAR PUSTAKA

- Adha, Idharmahadi. 2011. *Jurnal Rekayasa Vol. 15 No. 1 (PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI PENGANTI SEMEN PADA METODA STABILISASI TANAH SEMEN)*. Lampung: Univertas Lampung. Jurnal terpublikasi
- Bowles, Joseph E. 1986. *SIFAT-SIFAT FISIS DAN GEOTEKNIS TANAH (MEKANIKA TANAH)*. Jakarta: ERLANGGA.
- Budi, Gogot Setyo, Denny Setiawan Ariwibowo, Agus Terisna Jaya. 2002. *Dimensi Teknik Sipil, vol 4. No 2, 94-99 (PENGARUH PENCAMPURAN ABU SEKAM PADI DAN KAPUR UNTUK STABILISASI TANAH EKSPANSIF)*. Surabaya: Universitas Kristen Petra. Jurnal terpublikasi
- Das, Braja M., Noor Endah, dan Indrasurya B. Mochtar. 1995. *MEKANIKA TANAH (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: ERLANGGA.
- Hanwar, Suhendrik, Aguskamar. 2002. *PENCAMPURAN TANAH LEMPUNG DENGAN ABU SEKAM PADI (ASP) UNTUK BAHAN INTI KEDAP AIR BENDUNGAN URUGAN*. Padang: Politeknik Negeri Padang. Jurnal terpublikasi
- Hardiyatmo, Hary Chritady. 2010. *MEKANIKA TANAH 1*. Yogyakarta: GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS.
- Hernia F, Silvia. 2005. *Kolokium & Open House (Kajian pemanfaatan Abu Sekam Padi Untuk Stabilisasi Dalam Sistem Pondasi di Tanah Ekspansif)*. Bandung: PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERMUKIMAN BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM. Jurnal terpublikasi
- Yuniarti, Ratna, I Gusti Ayu Suarini, Ismawati. 2008. *PERANBANDINGAN NILAI DAYA CUKUNG TANAH DASAR BADAN JALAN YANG DISTABILISASI SEMEN DAN ABU SEKAM PADI*. Mataram: Universitas Mataram. Jurnal terpublikasi

Sutarman, E. 2013. *Konsep & Aplikasi Mekanika Tanah*. Yogyakarta: ANDI.

Wesley, L. D. 1973. *MEKANIKA TANAH*. Jakarta: BADAN PENERBIT PEKERJAAN UMUM.

Zuhri, Imam. 2012. *Mekanika Tanah*. [online]. Tersedia: imamzuhri.blogspot.com/2012/09/t-n-h-1.html [1 mei 2014].



LAMPIRAN 1**SIFAT FISIK TANAH**

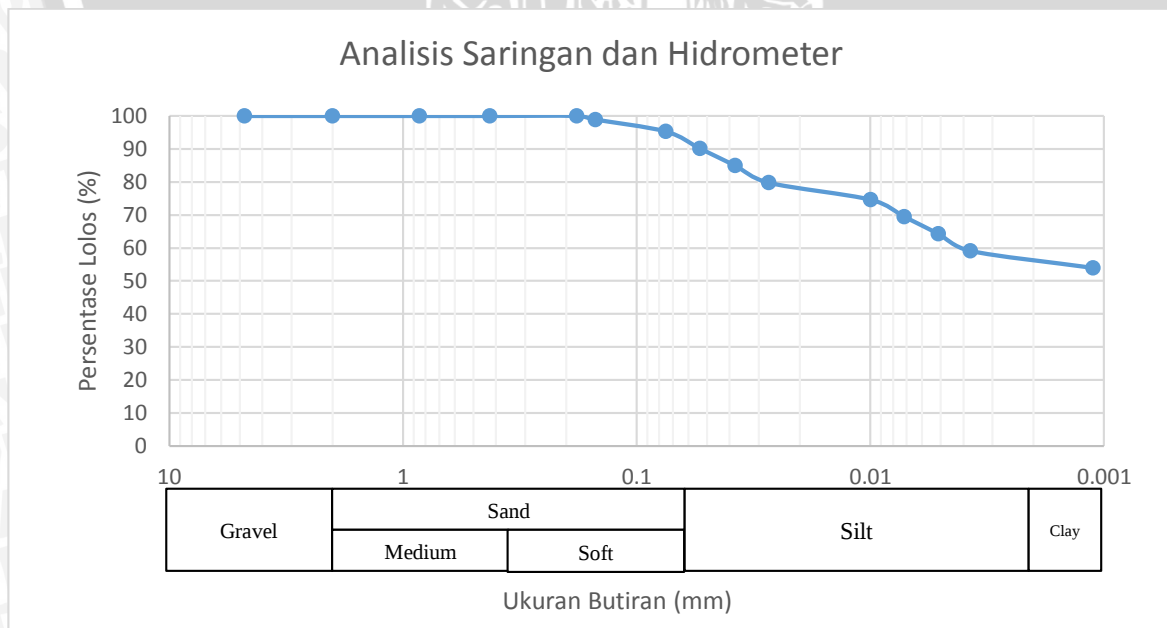
1. Analisa Saringan dan Hidrometer
2. *Specific Gravity*
 - 2.1. Kalibrasi Picnometer
 - 2.2. *Specific Gravity* Campuran
 - 2.2.1. *Specific Gravity* Abu Sekam Padi
 - 2.2.2. *Specific Gravity* Tanah Asli
 - 2.2.3. *Specific Gravity* Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi
 - 2.2.4. *Specific Gravity* Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi
 - 2.2.5. *Specific Gravity* Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi
3. *Atterberg Limit*
 - 3.1. *Atterberg Limit* Tanah Asli
 - 3.2. *Atterberg Limit* Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi
 - 3.3. *Atterberg Limit* Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi
 - 3.4. *Atterberg Limit* Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi



1. Analisa Saringan dan Hidrometer

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
Total		496			

t (minute)	C (°C)	Rh	Cr	Rc (Rh+Ct)	a	Finer (%)	Prosentase Finer (%)	R	L (mm)	L/t	K	D (mm)	% Lolos saringan 200 (%)
0.5	26	1.0290	1.65	2.6790	1.01	5.4212	94.5788	2.0290	8.6	17.2	0.0129	0.0535	90.1359
1	26	1.0285	1.65	2.6785	1.01	5.4202	89.1586	2.0285	8.6	8.6	0.0129	0.0378	84.9703
2	26	1.0280	1.65	2.6780	1.01	5.4192	83.7395	2.0280	8.9	4.45	0.0129	0.0272	79.8058
15	26	1.0275	1.65	2.6775	1.01	5.4181	78.3213	2.0275	8.9	0.59333	0.0129	0.0099	74.6421
30	26	1.0270	1.65	2.6770	1.01	5.4171	72.9042	2.0270	9.2	0.30667	0.0129	0.0071	69.4795
60	26	1.0260	1.65	2.6760	1.01	5.4151	67.4891	2.0260	9.4	0.15667	0.0129	0.0051	64.3187
120	26	1.0240	1.65	2.6740	1.01	5.4111	62.0780	2.0240	10	0.08333	0.0129	0.0037	59.1619
1440	26	1.0210	1.65	2.6710	1.01	5.4050	56.6730	2.0210	10.7	0.00743	0.0129	0.0011	54.0108

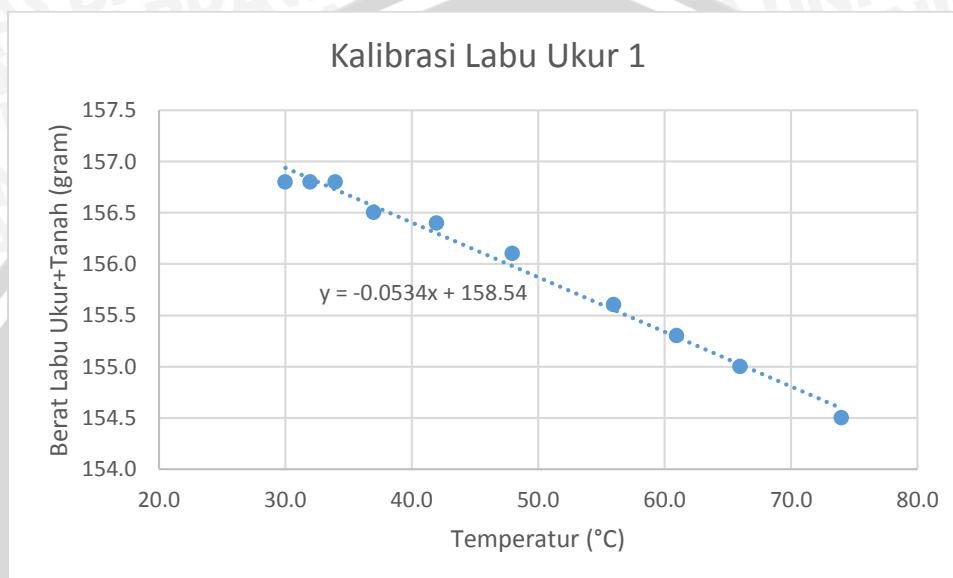


Specific Gravity

1.1. Kalibrasi Picnometer

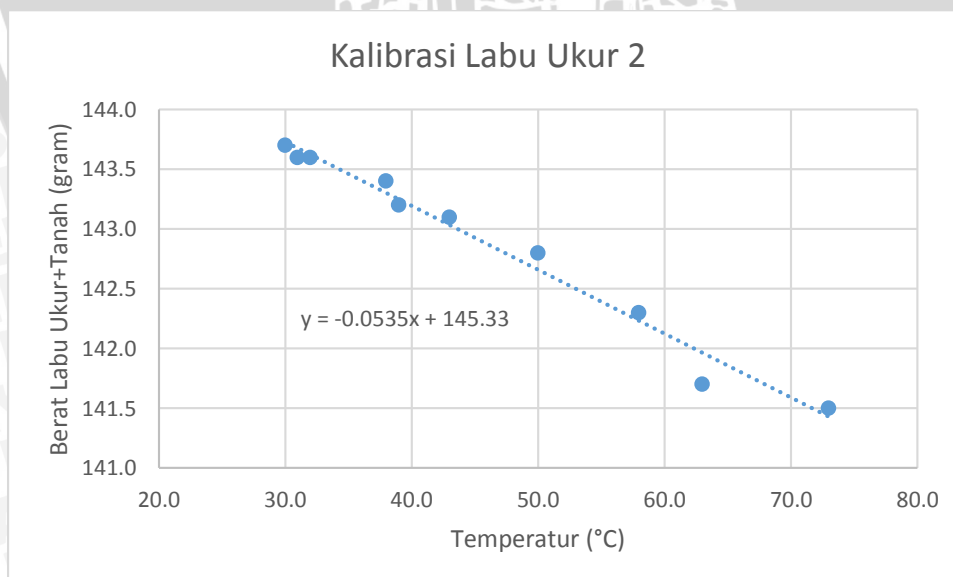
Picnometer 1

No. Pemeriksaan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatur (°C)	74.0	66.0	61.0	56.0	48.0	42.0	37.0	34.0	32.0	30.0
Berat Labu Ukur + Air (gram)	154.5	155.0	155.3	155.6	156.1	156.4	156.5	156.8	156.8	156.8



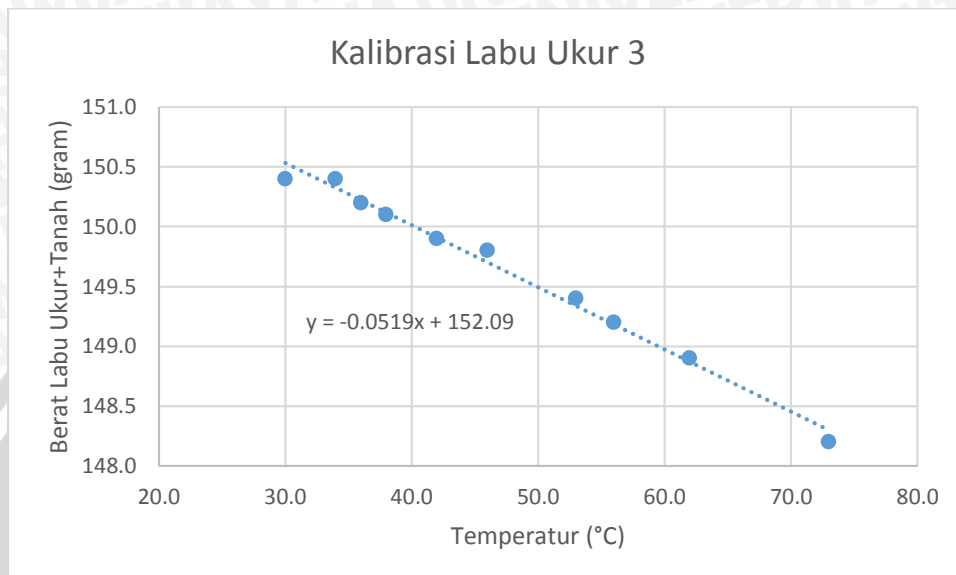
Picnometer 2

No. Pemeriksaan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatur (°C)	73.0	63.0	58.0	50.0	43.0	39.0	38.0	32.0	31.0	30.0
Berat Labu Ukur + Air (gram)	141.5	141.7	142.3	142.8	143.1	143.2	143.4	143.6	143.6	143.7



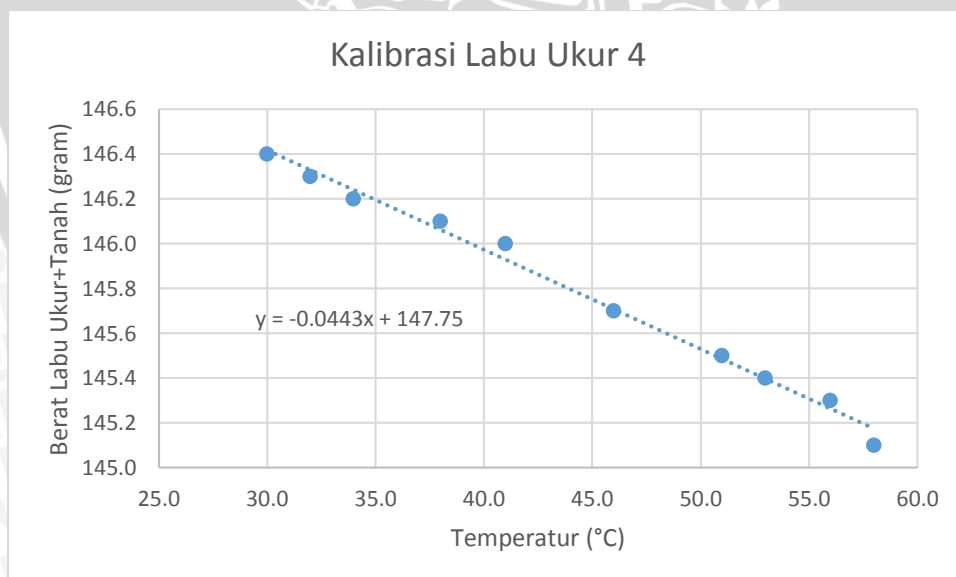
Picnometer 3

No. Pemeriksaan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatur (°C)	73.0	62.0	56.0	53.0	46.0	42.0	38.0	36.0	34.0	30.0
Berat Labu Ukur + Air (gram)	148.2	148.9	149.2	149.4	149.8	149.9	150.1	150.2	150.4	150.4



Picnometer 4

No. Pemeriksaan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatur (°C)	58.0	56.0	53.0	51.0	46.0	41.0	38.0	34.0	32.0	30.0
Berat Labu Ukur + Air (gram)	145.1	145.3	145.4	145.5	145.7	146.0	146.1	146.2	146.3	146.4



2.2. Specific Gravity Campuran

2.2.1. Abu Sekam Padi

Percobaan I

Labu Ukur		1									
Berat Labu Ukur	gram	58.20									
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00									
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	165.30	165.70	166.10	166.40	166.60	166.80	167.20	167.50	167.70	167.90
Suhu	(°C)	66.00	60.00	54.00	50.00	48.00	46.00	40.00	36.00	33.00	30.00
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	155.02	155.34	155.66	155.87	155.98	156.08	156.40	156.62	156.78	156.94
Specivic Gravity (Gs)		2.06	2.08	2.09	2.11	2.13	2.15	2.17	2.19	2.20	2.21
Rata-rata GS		2.14									

Percobaan II

Labu Ukur		2									
Berat Labu Ukur	gram	43.90									
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00									
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	152.40	152.70	152.90	153.00	153.20	153.40	153.70	154.00	154.20	154.50
Suhu	(°C)	55.00	50.00	48.00	47.00	44.00	43.00	39.00	36.00	33.00	30.00
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	142.39	142.66	142.76	142.82	142.98	143.03	143.24	143.40	143.56	143.73
Specivic Gravity (Gs)		2.00	2.01	2.03	2.04	2.05	2.08	2.10	2.13	2.14	2.17
Rata-rata GS		2.06									

Percobaan III

Labu Ukur		4									
Berat Labu Ukur	gram	43.90									
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00									
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	155.00	155.40	155.60	155.70	156.10	156.30	156.40	156.60	156.70	157.00
Suhu	(°C)	65.00	63.00	57.00	53.00	48.00	45.00	41.00	37.00	35.00	30.00
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	144.87	144.96	145.22	145.40	145.62	145.76	145.93	146.11	146.20	146.42
Specivic Gravity (Gs)		2.03	2.09	2.08	2.06	2.10	2.11	2.10	2.10	2.11	2.12
Rata-rata GS		2.09									

Rata-rata GS = 2,10

2.2.2. Tanah Asli

Percobaan I

Labu Ukur		1						
Berat Labu Ukur	gram	58.20						
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00						
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	167.50	167.90	168.10	168.30	168.50	168.80	169.00
Suhu	(°C)	71.00	59.00	51.00	47.00	41.00	34.00	30.00
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	154.75	155.39	155.82	156.03	156.35	156.72	156.94
Specivic Gravity (Gs)		2.76	2.67	2.59	2.59	2.55	2.52	2.52
Rata-rata GS		2.60						

Percobaan II

Labu Ukur		2									
Berat Labu Ukur	gram	43.90									
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00									
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	154.20	154.20	154.80	154.90	155.00	155.20	155.30	155.40	155.70	155.80
Suhu	(°C)	75.00	75.00	55.00	49.00	44.00	40.00	39.00	36.00	34.00	30.00
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	141.32	141.32	142.39	142.71	142.98	143.19	143.24	143.40	143.51	143.73
Specivic Gravity (Gs)		2.81	2.81	2.64	2.56	2.51	2.50	2.52	2.50	2.56	2.52
Rata-rata GS		2.59									

Percobaan III

Labu Ukur		3									
Berat Labu Ukur	gram	50.80									
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00									
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	161.20	161.50	161.70	161.90	162.10	162.20	162.30	162.40	162.50	
Suhu	(°C)	76.00	62.00	54.00	50.00	44.00	40.00	35.00	34.00	30.00	
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	148.15	148.87	149.29	149.50	149.81	150.01	150.27	150.33	150.53	
Specivic Gravity (Gs)		2.88	2.71	2.64	2.63	2.60	2.56	2.51	2.52	2.49	
Rata-rata GS		2.62									

Rata-rata GS = 2,60

2.2.3. Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi

Percobaan I

Labu Ukur		1						
Berat Labu Ukur	gram	58.20						
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00						
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	167.60	167.80	168.20	168.40	168.80	168.90	169.10
Suhu	(°C)	61.00	56.00	47.00	42.50	37.00	33.00	30.00
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	155.28	155.55	156.03	156.27	156.56	156.78	156.94
Specivic Gravity (Gs)		2.60	2.58	2.55	2.54	2.58	2.54	2.55
Rata-rata GS		2.56						

Percobaan II

Labu Ukur		2						
Berat Labu Ukur	gram	43.90						
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00						
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	154.20	154.70	155.10	155.40	155.70	155.90	155.90
Suhu	(°C)	65.00	54.00	44.00	38.00	35.00	33.00	30.00
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	141.85	142.44	142.98	143.30	143.46	143.56	143.73
Specivic Gravity (Gs)		2.61	2.58	2.54	2.53	2.58	2.61	2.56
Rata-rata GS		2.57						

Percobaan III

Labu Ukur		3						
Berat Labu Ukur	gram	50.80						
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00						
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	160.90	161.40	161.90	162.40	162.60	162.80	162.90
Suhu	(°C)	67.00	51.00	43.00	37.00	34.00	31.00	30.00
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	148.61	149.44	149.86	150.17	150.33	150.48	150.53
Specivic Gravity (Gs)		2.59	2.49	2.51	2.57	2.59	2.60	2.62
Rata-rata GS		2.57						

Rata-rata GS = 2,57

2.2.4. Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi

Percobaan I

Labu Ukur		1							
Berat Labu Ukur	gram	58.20							
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00							
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	167.80	168.10	168.40	168.60	168.90	169.20	169.40	169.60
Suhu	(°C)	55.00	47.00	42.00	37.00	35.00	33.00	31.50	30.00
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	155.60	156.03	156.30	156.56	156.67	156.78	156.86	156.94
Specivic Gravity (Gs)		2.56	2.52	2.53	2.51	2.57	2.64	2.68	2.73
Rata-rata GS		2.59							

Percobaan II

Labu Ukur		2							
Berat Labu Ukur	gram	43.90							
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00							
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	154.50	154.90	155.20	155.40	155.60	155.80	155.90	156.00
Suhu	(°C)	57.00	50.00	42.00	38.00	35.00	33.00	31.00	30.00
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	142.28	142.66	143.08	143.30	143.46	143.56	143.67	143.73
Specivic Gravity (Gs)		2.57	2.58	2.54	2.53	2.55	2.58	2.57	2.59
Rata-rata GS		2.56							

Percobaan III

Labu Ukur		3							
Berat Labu Ukur	gram	50.80							
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00							
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	160.90	161.30	161.50	161.60	161.70	162.10	162.20	162.30
Suhu	(°C)	66.00	58.00	49.00	45.00	41.00	36.00	32.00	30.00
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	148.66	149.08	149.55	149.75	149.96	150.22	150.43	150.53
Specivic Gravity (Gs)		2.58	2.57	2.49	2.45	2.42	2.46	2.43	2.43
Rata-rata GS		2.48							

Rata-rata GS = 2,54

2.2.5. Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi

Percobaan I

Labu Ukur		1									
Berat Labu Ukur	gram	58.20									
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00									
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	167.10	167.60	167.90	168.20	168.40	168.80	169.00	169.20	169.30	169.50
Suhu	(°C)	65.00	52.00	49.00	44.00	40.00	37.00	34.00	32.00	31.00	30.00
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	155.07	155.76	155.92	156.19	156.40	156.56	156.72	156.83	156.88	156.94
Specivic Gravity (Gs)		2.51	2.45	2.49	2.50	2.50	2.58	2.59	2.62	2.64	2.69
Rata-rata GS		2.56									

Percobaan II

Labu Ukur		2									
Berat Labu Ukur	gram	43.90									
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00									
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	154.70	154.80	155.00	155.40	155.60	155.70	155.80	156.00	156.10	156.20
Suhu	(°C)	65.00	51.00	44.00	40.00	37.00	36.00	34.00	32.00	31.00	30.00
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	141.85	142.60	142.98	143.19	143.35	143.40	143.51	143.62	143.67	143.73
Specivic Gravity (Gs)		2.80	2.56	2.51	2.57	2.58	2.60	2.59	2.63	2.64	2.66
Rata-rata GS		2.61									

Percobaan III

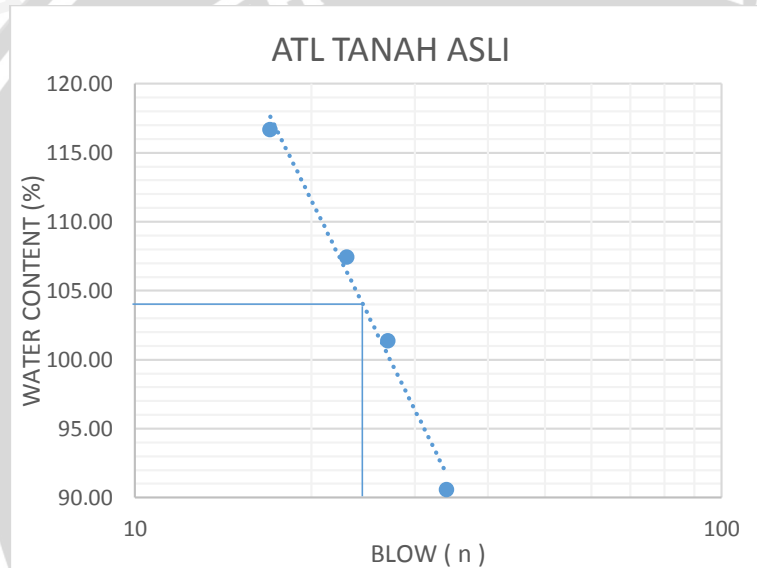
Labu Ukur		3									
Berat Labu Ukur	gram	50.80									
Berat Tanah Kering (Ws)	gram	20.00									
Berat Labu Ukur + Air + Tanah (W1)	gram	161.00	161.20	161.40	161.50	161.70	161.80	162.00	162.20	162.30	162.40
Suhu	(°C)	61.00	51.00	42.00	40.00	37.00	36.00	34.00	32.00	21.00	30.00
Berat Labu Ukur + Air (W2)	gram	148.92	149.44	149.91	150.01	150.17	150.22	150.33	150.43	151.00	150.53
Specivic Gravity (Gs)		2.52	2.43	2.35	2.35	2.36	2.37	2.40	2.43	2.30	2.46
Rata-rata GS		2.40									

Rata-rata GS = 2,52

3. *Atterberg Limit*

3.1. ATL Tanah Asli

Can no.	I	II	III	IV
Mass of wet soil + can	19.70	20.70	22.80	21.30
Mass of dry soil + can	13.00	13.20	14.10	12.90
Mass of can	5.60	5.80	6.00	5.70
Mass of dry soil	7.40	7.40	8.10	7.20
Mass of moisture	6.70	7.50	8.70	8.40
Water content, w %	90.54	101.35	107.41	116.67
No. of blows N	34	27	23	17



Can no.	I	II	III	IV
Mass of wet soil + can	10.90	12.60	12.80	13.40
Mass of dry soil + can	8.70	10.50	10.70	11.20
Mass of can	4.30	6.10	5.70	5.40
Mass of dry soil	4.40	4.40	5.00	5.80
Mass of moisture	2.20	2.10	2.10	2.20
Water content (%)	50.00	47.73	42.00	37.93
Average of water content (%)	44.41			

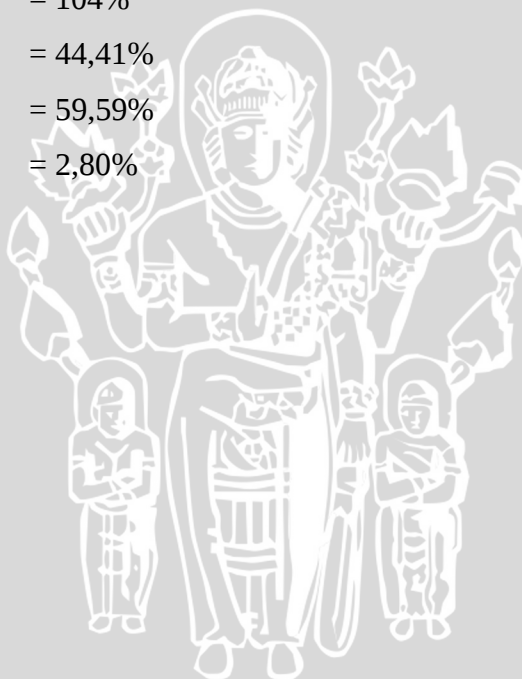
BATAS SUSUT (SL)		
Nomor Cetakan		1
Berat Cetakan	gr	19.2
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	58.2
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	44.0
Berat Tanah Basah (m_1)	gr	39.0
Berat Air	gr	14.2
Berat Tanah Kering (m_2)	gr	24.8
Volume Tanah Basah (V)	ml	25.5
Volume Tanah Kering (V_s)	ml	12.0
Kadar Air (W_s)	%	57.3
$SL = (W_s - ((V - V_s)/m_2)) * 100\%$	%	2.8

Liquid Limit = 104%

Plastic Limit = 44,41%

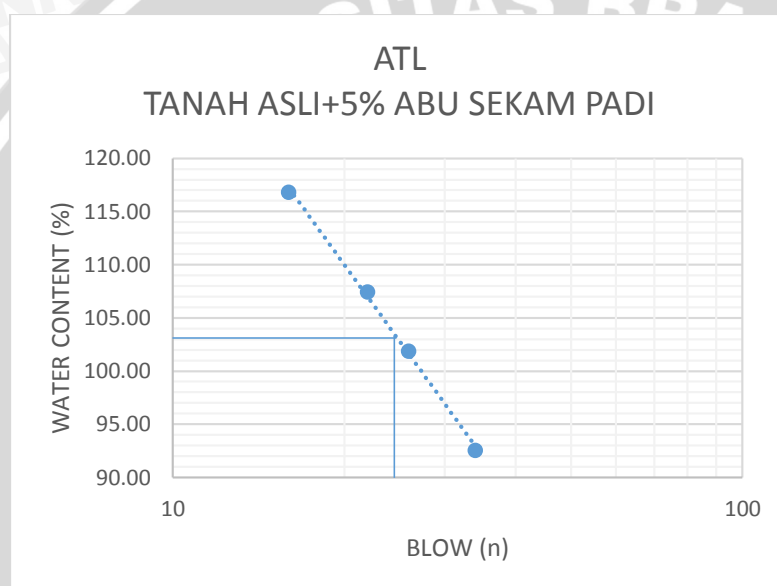
Indeks Plastis = 59,59%

Shrinkage Limit = 2,80%



3.2. ATL Tanah Asli+5% Abu Sekam Padi

Can no.	I	II	III	IV
Mass of wet soil + can	39.1	26.00	28.00	34.2
Mass of dry soil + can	23	15.00	16.40	18.9
Mass of can	5.6	4.20	5.60	5.8
Mass of dry soil	17.40	10.80	10.80	13.10
Mass of moisture	16.10	11.00	11.60	15.30
Water content, w %	92.53	101.85	107.41	116.79
No. of blows N	34	26	22	16



Can no.	I	II	III	IV
Mass of wet soil + can	11.20	12.40	12.70	12.50
Mass of dry soil + can	9.10	10.60	10.80	10.60
Mass of can	4.30	5.70	5.80	5.80
Mass of dry soil	4.80	4.90	5.00	4.80
Mass of moisture	2.10	1.80	1.90	1.90
Water content (%)	43.75	36.73	38.00	39.58
Average of water content (%)	39.52			

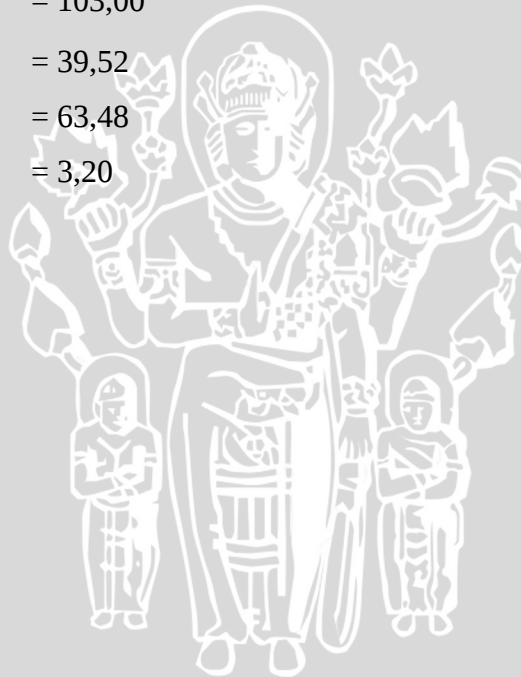
BATAS SUSUT (SL)		
Nomor Cetakan		2
Berat Cetakan	gr	19.1
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	56.7
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	44.3
Berat Tanah Basah (m_1)	gr	37.6
Berat Air	gr	12.4
Berat Tanah Kering (m_2)	gr	25.2
Volume Tanah Basah (V)	ml	23.7
Volume Tanah Kering (V_s)	ml	12.1
Kadar Air (W_s)	%	49.2
$SL = (W_s - ((V - V_s)/m_2)) * 100\%$	%	3.2

Liquid Limit = 103,00

Plastic Limit = 39,52

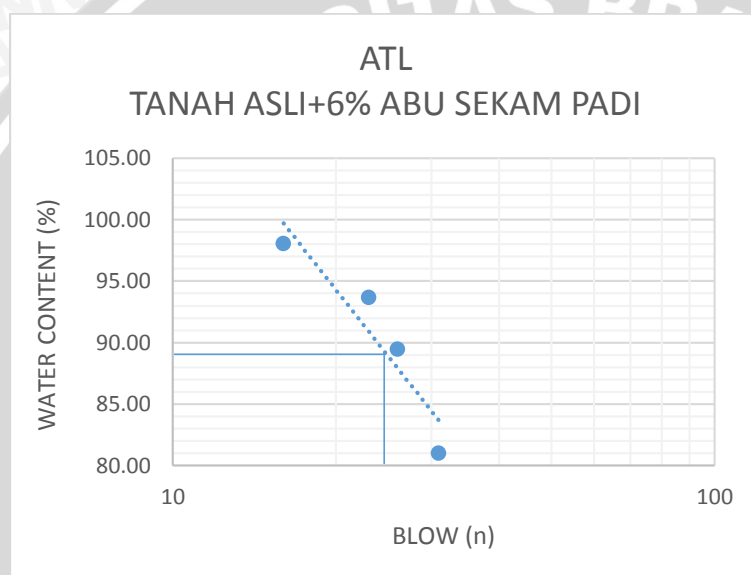
Indeks Plastis = 63,48

Shrinkage Limit = 3,20



3.3. ATL Tanah Asli+6% Abu Sekam Padi

Can no.	I	II	III	IV
Mass of wet soil + can	27.40	15.10	21.10	25.90
Mass of dry soil + can	17.60	10.00	13.70	15.80
Mass of can	5.50	4.30	5.80	5.50
Mass of dry soil	12.10	5.70	7.90	10.30
Mass of moisture	9.80	5.10	7.40	10.10
Water content, w %	80.99	89.47	93.67	98.06
No. of blows N	31	26	23	16



Can no.	I	II	III	IV
Mass of wet soil + can	12.20	12.90	13.00	12.80
Mass of dry soil + can	10.20	10.70	10.90	10.70
Mass of can	5.70	5.60	5.80	5.80
Mass of dry soil	4.50	5.10	5.10	4.90
Mass of moisture	2.00	2.20	2.10	2.10
Water content (%)	44.44	43.14	41.18	42.86
Average of water content (%)	42.90			

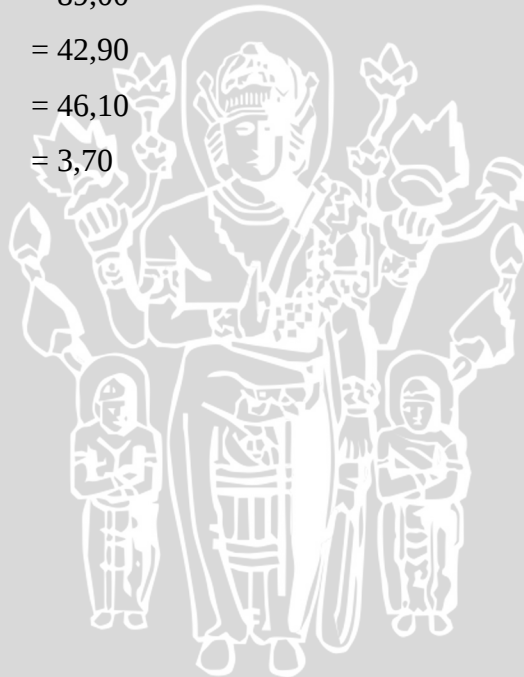
BATAS SUSUT (SL)		
Nomor Cetakan		1
Berat Cetakan	gr	19.2
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	54.8
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	40.8
Berat Tanah Basah (m_1)	gr	35.6
Berat Air	gr	14.0
Berat Tanah Kering (m_2)	gr	21.6
Volume Tanah Basah (V)	ml	25.5
Volume Tanah Kering (V_s)	ml	12.3
Kadar Air (W_s)	%	64.8
$SL = (W_s - ((V - V_s)/m_2)) * 100\%$	%	3.7

Liquid Limit = 89,00

Plastic Limit = 42,90

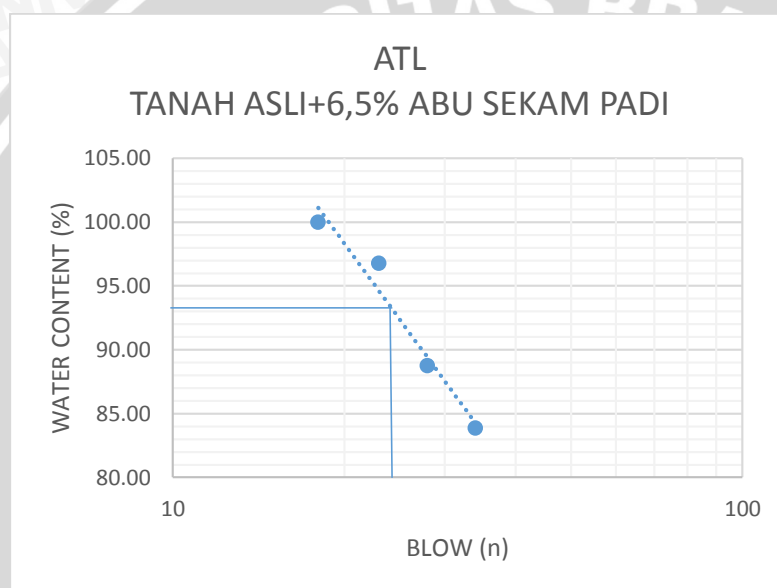
Indeks Plastis = 46,10

Shrinkage Limit = 3,70



3.4. ATL Tanah Asli+6,5% Abu Sekam Padi

Can no.	I	II	III	IV
Mass of wet soil + can	28.30	19.30	18.10	25.70
Mass of dry soil + can	17.90	13.00	12.10	15.60
Mass of can	5.50	5.90	5.90	5.50
Mass of dry soil	12.40	7.10	6.20	10.10
Mass of moisture	10.40	6.30	6.00	10.10
Water content, w %	83.87	88.73	96.77	100.00
No. of blows N	34	28	23	18



Can no.	I	II	III	IV
Mass of wet soil + can	13.90	12.10	12.20	12.10
Mass of dry soil + can	11.40	10.00	10.30	10.20
Mass of can	5.70	4.50	4.20	4.20
Mass of dry soil	5.70	5.50	6.10	6.00
Mass of moisture	2.50	2.10	1.90	1.90
Water content (%)	43.86	38.18	31.15	31.67
Average of water content (%)	36.21			

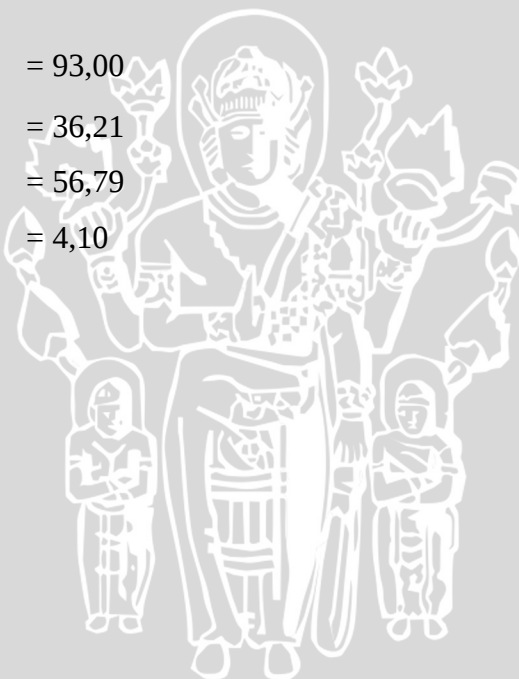
BATAS SUSUT (SL)		
Nomor Cetakan		1
Berat Cetakan	gr	19.2
Berat Cawan + Tanah Basah	gr	53.6
Berat Cawan + Tanah Kering	gr	41.2
Berat Tanah Basah (m_1)	gr	34.4
Berat Air	gr	12.4
Berat Tanah Kering (m_2)	gr	22.0
Volume Tanah Basah (V)	ml	25.5
Volume Tanah Kering (V_s)	ml	14.0
Kadar Air (W_s)	%	56.4
$SL = (W_s - ((V - V_s)/m_2)) * 100\%$	%	4.1

Liquid Limit = 93,00

Plastic Limit = 36,21

Indeks Plastis = 56,79

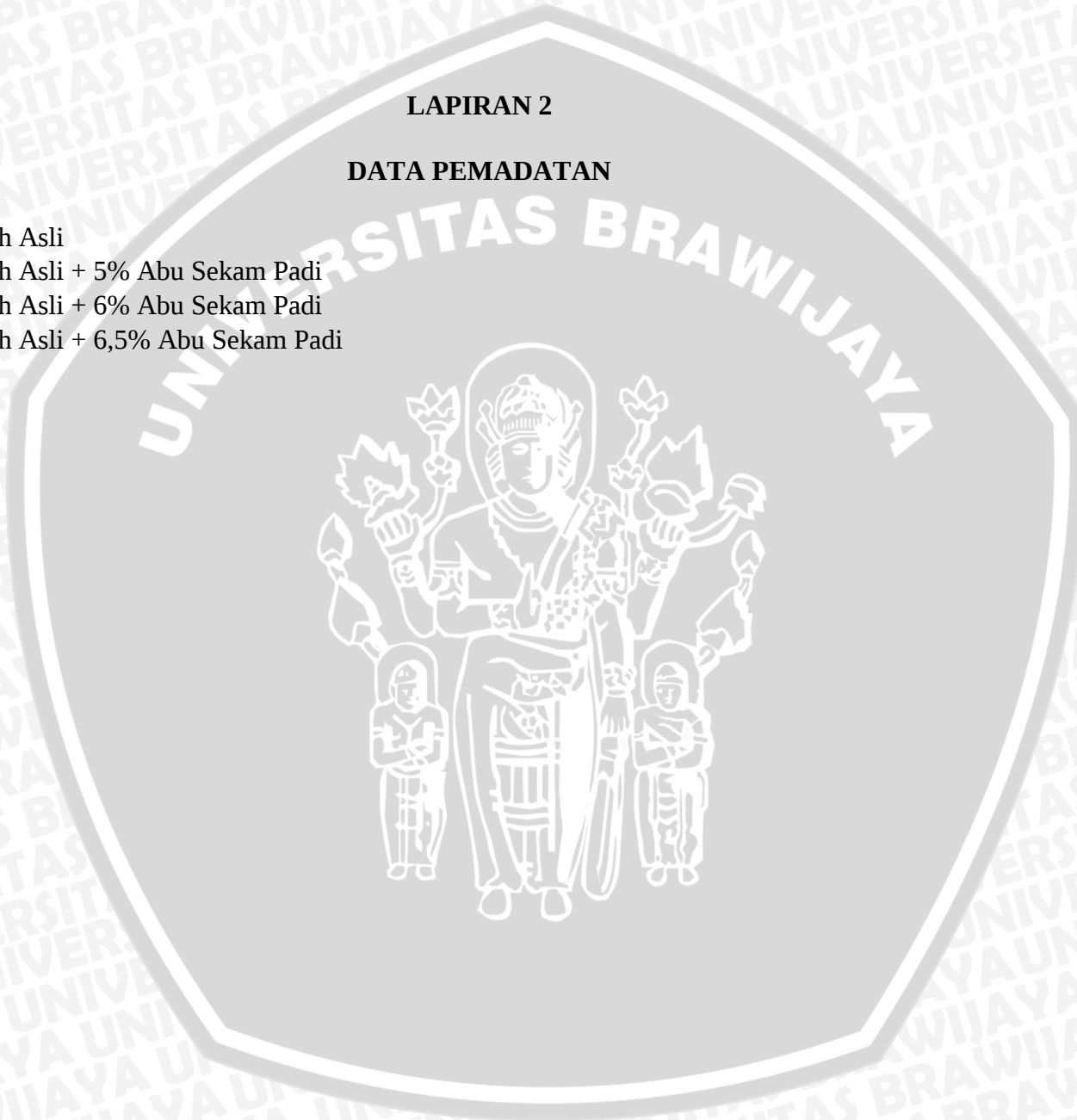
Shrinkage Limit = 4,10



LAPIRAN 2

DATA PEMADATAN

1. Pemadatan Tanah Asli
2. Pemadatan Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi
3. Pemadatan Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi
4. Pemadatan Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi



1. Pemadatan Tanah Asli

Berat Mould = 2980 gr

Diameter sampel = 15,5 cm

Tinggi sampel = 11,3 cm

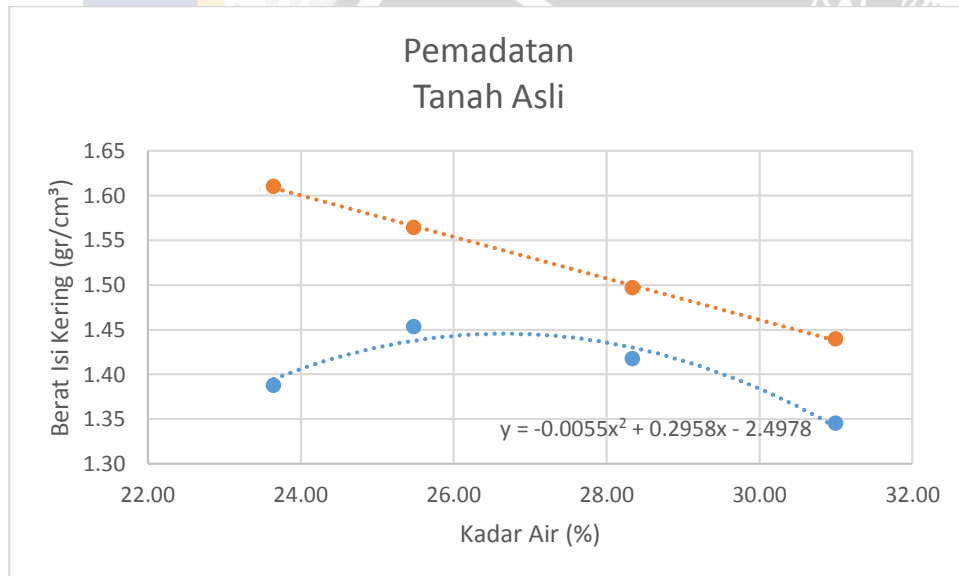
Penambahan Air	ml	23%			26%			29%			32%		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Berat Cawan	gr	8.20	8.10	7.80	7.80	8.20	8.20	7.80	8.10	8.10	8.30	8.50	7.90
Berat Tanah Basah + Cawan	gr	23.60	27.90	30.10	20.80	23.80	18.90	22.00	26.50	25.40	22.30	18.80	20.80
Berat Tanah Kering + Cawan	gr	20.70	24.00	25.90	18.10	20.60	16.80	18.80	22.50	21.60	19.10	16.40	17.60
Berat Air	gr	2.90	3.90	4.20	2.70	3.20	2.10	3.20	4.00	3.80	3.20	2.40	3.20
Berat Tanah Kering	gr	12.50	15.90	18.10	10.30	12.40	8.60	11.00	14.40	13.50	10.80	7.90	9.70
Kadar Air	%	23.20	24.53	23.20	26.21	25.81	24.42	29.09	27.78	28.15	29.63	30.38	32.99
Kadar Air Rata-rata	%	23.64			25.48			28.34			31.00		

Density

Penambahan Air	ml	23%	26%	29%	32%
Berat Cetakan	gr	2980.00	2980.00	2980.00	2980.00
Berat Tanah Basah + Cetakan	gr	6640.00	6870.00	6860.00	6740.00
Berat Tanah Basah	gr	3660.00	3890.00	3880.00	3760.00
Isi Cetakan	cm ³	2133.08	2133.08	2133.08	2133.08
Berat Isi Basah	gr/cm ³	1.72	1.82	1.82	1.76
Berat Isi Kering	gr/cm ³	1.39	1.45	1.42	1.35

Zero Air Void

Penambahan Air	ml	23%	26%	29%	32%
Kadar Air	%	23.64	25.48	28.34	31.00
Gs		2.60	2.60	2.60	2.60
Berat Jenis Air	gr/cm ³	1.00	1.00	1.00	1.00
Berat Jenis Air (ZAV)	gr/cm ³	1.61	1.56	1.50	1.44



$$y = -0,005 x^2 + 0,2958 x + 2,4978$$

$$dy/dx = -0,011 x + 0,2958$$

$$x = 26,8909\%$$

$$y_d = 1,4794 \text{ gr/cm}^3$$

2. Pemadatan Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi

Berat Mould = 2600 gr

Diameter sampel = 15,5 cm

Tinggi sampel = 11,3 cm

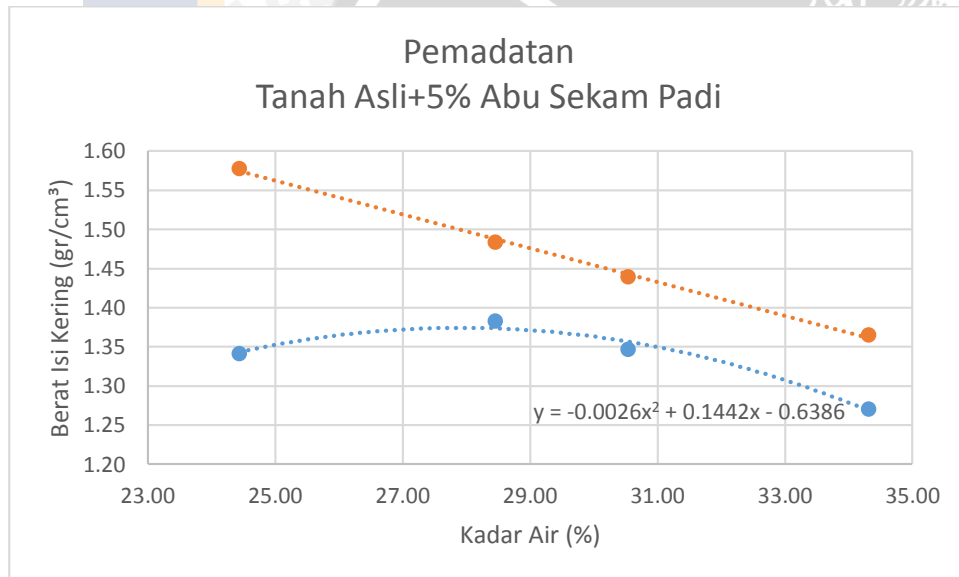
Penambahan Air	ml	24%			27%			30%			33%		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Berat Cawan	gr	5.80	4.20	5.70	8.20	8.20	8.50	8.30	8.20	8.20	8.10	8.30	7.80
Berat Tanah Basah + Cawan	gr	19.70	19.90	21.40	30.90	24.60	26.10	28.10	30.80	31.50	30.40	28.30	24.60
Berat Tanah Kering + Cawan	gr	17.00	16.80	18.30	25.70	21.00	22.30	23.10	25.80	26.20	24.70	23.20	20.30
Berat Air	gr	2.70	3.10	3.10	5.20	3.60	3.80	5.00	5.00	5.30	5.70	5.10	4.30
Berat Tanah Kering	gr	11.20	12.60	12.60	17.50	12.80	13.80	14.80	17.60	18.00	16.60	14.90	12.50
Kadar Air	%	24.11	24.60	24.60	29.71	28.13	27.54	33.78	28.41	29.44	34.34	34.23	34.40
Kadar Air Rata-rata	%	24.44			28.46			30.55			34.32		

Density

Penambahan Air	ml	24%	27%	30%	33%
Berat Cetakan	gr	2600.00	2600.00	2600.00	2600.00
Berat Tanah Basah + Cetakan	gr	6160.00	6390.00	6350.00	6240.00
Berat Tanah Basah	gr	3560.00	3790.00	3750.00	3640.00
Isi Cetakan	cm ³	2133.08	2133.08	2133.08	2133.08
Berat Isi Basah	gr/cm ³	1.67	1.78	1.76	1.71
Berat Isi Kering	gr/cm ³	1.34	1.38	1.35	1.27

Zero Air Void

Penambahan Air	ml	24%	27%	30%	33%
Kadar Air	%	24.44	28.46	30.55	34.32
Gs		2.57	2.57	2.57	2.57
Berat Jenis Air	gr/cm ³	1.00	1.00	1.00	1.00
Berat Jenis Air (ZAV)	gr/cm ³	1.58	1.48	1.44	1.37



$$y = -0,0026 x^2 + 0,1442 x - 0,6386$$

$$dy/dx = -0,0052 x + 0,1442$$

$$x = 27,7308\%$$

$$y_d = 1,3608 \text{ gr/cm}^3$$

3. Pemadatan Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi

Berat Mould = 2680 gr

Diameter sampel = 15,5 cm

Tinggi sampel = 11,3 cm

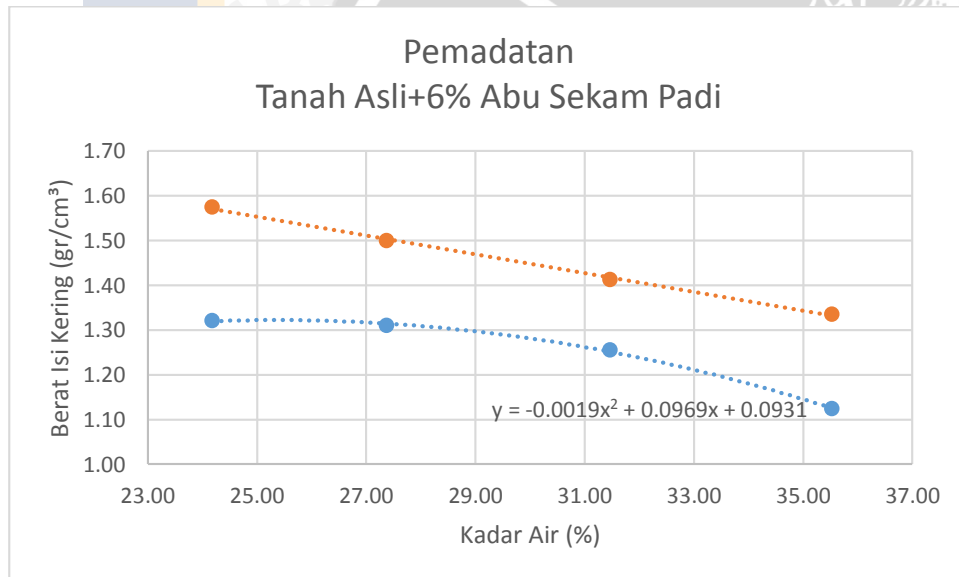
Penambahan Air	ml	21%			24%			27%			30%		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Berat Cawan	gr	5.30	4.20	5.70	4.30	4.30	6.00	8.10	8.30	8.20	8.10	8.20	8.20
Berat Tanah Basah + Cawan	gr	15.00	16.10	16.00	29.10	30.20	32.10	24.30	19.60	17.20	40.30	29.50	30.90
Berat Tanah Kering + Cawan	gr	13.00	13.80	14.10	23.80	24.40	26.70	20.50	16.90	15.00	32.10	23.90	24.80
Berat Air	gr	2.00	2.30	1.90	5.30	5.80	5.40	3.80	2.70	2.20	8.20	5.60	6.10
Berat Tanah Kering	gr	7.70	9.60	8.40	19.50	20.10	20.70	12.40	8.60	6.80	24.00	15.70	16.60
Kadar Air	%	25.97	23.96	22.62	27.18	28.86	26.09	30.65	31.40	32.35	34.17	35.67	36.75
Kadar Air Rata-rata	%	24.18			27.37			31.46			35.53		

Density

Penambahan Air	ml	21%	24%	27%	30%
Berat Cetakan	gr	2680.00	2680.00	2920.00	2680.00
Berat Tanah Basah + Cetakan	gr	6180.00	6240.00	6440.00	5930.00
Berat Tanah Basah	gr	3500.00	3560.00	3520.00	3250.00
Isi Cetakan	cm ³	2133.08	2133.08	2133.08	2133.08
Berat Isi Basah	gr/cm ³	1.64	1.67	1.65	1.52
Berat Isi Kering	gr/cm ³	1.32	1.31	1.26	1.12

Zero Air Void

Penambahan Air	ml	21%	24%	27%	30%
Kadar Air	%	24.18	27.37	31.46	35.53
Gs		2.54	2.54	2.54	2.54
Berat Jenis Air	gr/cm ³	1.00	1.00	1.00	1.00
Berat Jenis Air (ZAV)	gr/cm ³	1.57	1.50	1.41	1.34



$$y = -0,0019 x^2 + 0,0969 x + 0,0931$$

$$dy/dx = -0,0038 x + 0,0969$$

$$x = 25,5000 \%$$

$$y_d = 1,3286 \text{ gr/cm}^3$$

4. Pemadatan Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi

Berat Mould = 2920 gr

Diameter sampel = 15,5 cm

Tinggi sampel = 11,3 cm

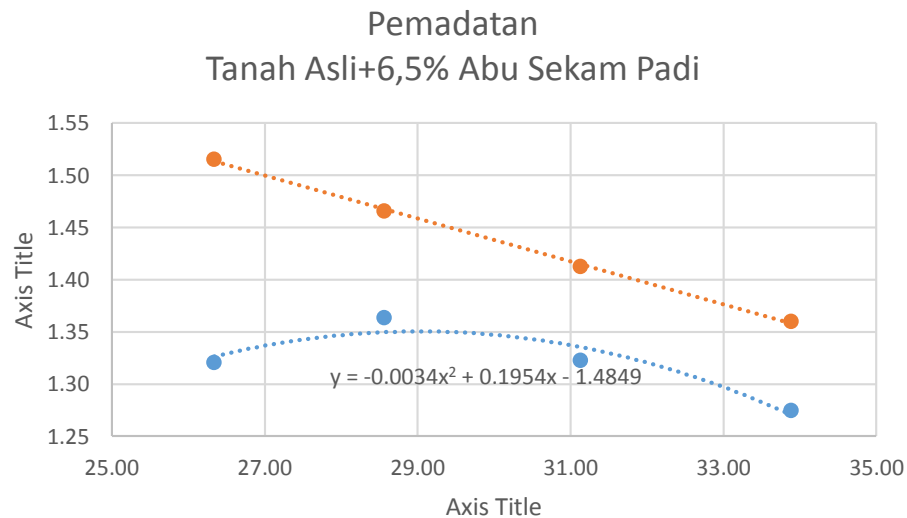
Penambahan Air	ml	24%			27%			30%			33%		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Berat Cawan	gr	8.20	7.90	8.10	8.30	8.50	8.10	8.20	7.80	7.80	8.10	8.30	8.30
Berat Tanah Basah + Cawan	gr	24.87	23.40	24.70	19.80	26.10	19.70	18.90	22.90	18.20	29.70	28.10	23.40
Berat Tanah Kering + Cawan	gr	21.30	20.20	21.30	17.10	22.30	17.20	16.30	19.30	15.80	24.30	23.00	19.60
Berat Air	gr	3.57	3.20	3.40	2.70	3.80	2.50	2.60	3.60	2.40	5.40	5.10	3.80
Berat Tanah Kering	gr	13.10	12.30	13.20	8.80	13.80	9.10	8.10	11.50	8.00	16.20	14.70	11.30
Kadar Air	%	27.25	26.02	25.76	30.68	27.54	27.47	32.10	31.30	30.00	33.33	34.69	33.63
Kadar Air Rata-rata	%	26.34			28.56			31.13			33.89		

Density

Penambahan Air	ml	24%	27%	30%	33%
Berat Cetakan	gr	2920.00	2920.00	2920.00	2920.00
Berat Tanah Basah + Cetakan	gr	6480.00	6660.00	6620.00	6560.00
Berat Tanah Basah	gr	3560.00	3740.00	3700.00	3640.00
Isi Cetakan	cm ³	2133.08	2133.08	2133.08	2133.08
Berat Isi Basah	gr/cm ³	1.67	1.75	1.73	1.71
Berat Isi Kering	gr/cm ³	1.32	1.36	1.32	1.27

Zero Air Void

Penambahan Air	ml	24%	27%	30%	33%
Kadar Air	%	26.34	28.56	31.13	33.89
Gs		2.52	2.52	2.52	2.52
Berat Jenis Air	gr/cm ³	1.00	1.00	1.00	1
Berat Jenis Air (ZAV)	gr/cm ³	1.52	1.47	1.41	1.36



$$y = -0,0034 x^2 + 0,1954 x - 1,4849$$

$$dy/dx = -0,0068 x + 0,1954$$

$$x = 28,7353\%$$

$$y_d = 1,3225 \text{ gr/cm}^3$$

LAMPIRAN 3**CBR UNSOAKED DAN CBR SOAKED**

1. CBR *unsoaked* Tanah Asli
2. CBR *soaked* Tanah Asli
3. CBR *unsoaked* Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi
4. CBR *soaked* Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi
5. CBR *unsoaked* Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi
6. CBR *soaked* Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi
7. CBR *unsoaked* Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi
8. CBR *soaked* Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi



1. CBR *unsoaked* Tanah Asli

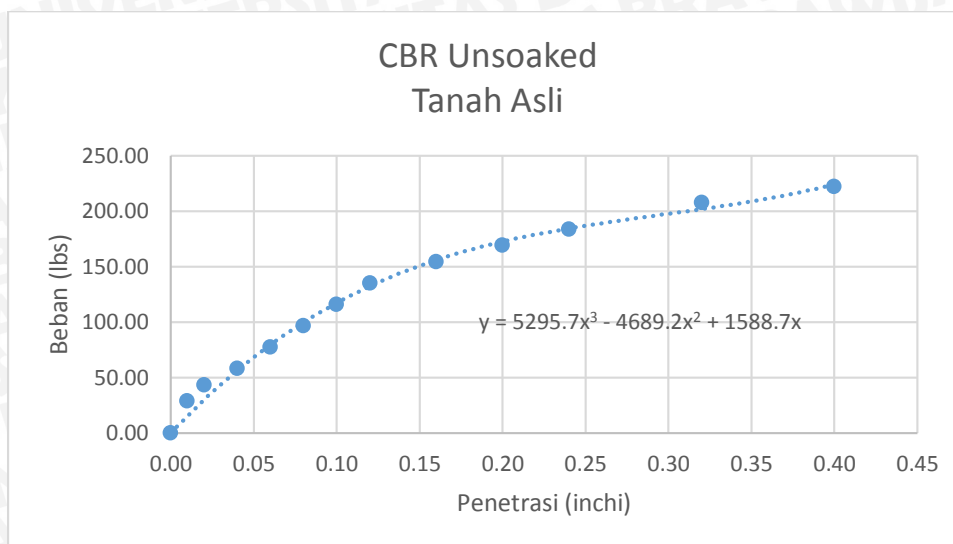
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6320.00
Berat Cetakan (gr)	2260.00
Berat Tanah Basah (gr)	4060.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.90
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.48

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	3.00	28.95
0.50	0.02	4.50	43.43
1.00	0.04	6.00	57.90
1.50	0.06	8.00	77.20
2.00	0.08	10.00	96.50
2.50	0.10	12.00	115.80
3.00	0.12	14.00	135.10
4.00	0.16	16.00	154.40
5.00	0.20	17.50	168.88
6.00	0.24	19.00	183.35
8.00	0.32	21.50	207.48
10.00	0.40	23.00	221.95

CBR value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	117.27	3.91
0.20	172.54	3.83



Kadar Air

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	7.80	8.30	7.90
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	30.20	39.70	38.80
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	25.20	32.80	32.10
Berat Tanah Kering (gr)	17.40	24.50	24.20
Berat Air (gr)	5.00	6.90	6.70
Kadar Air (%)	28.74	28.16	27.69
Kadar Air Rata - rata (%)	28.19		

2. CBR soaked Tanah Asli

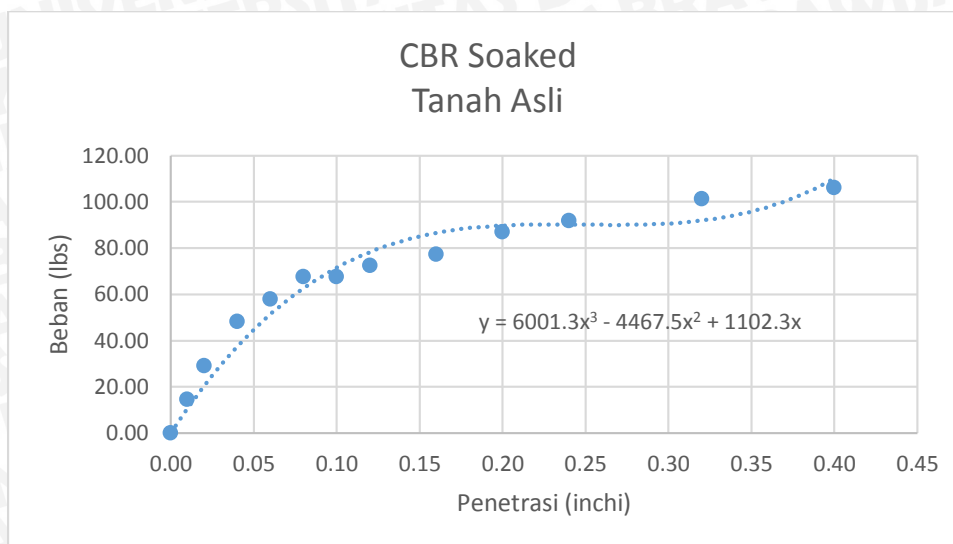
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6920.00
Berat Cetakan (gr)	2920.00
Berat Tanah Basah (gr)	4000.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.88
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.42

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	1.50	14.48
0.50	0.02	3.00	28.95
1.00	0.04	5.00	48.25
1.50	0.06	6.00	57.90
2.00	0.08	7.00	67.55
2.50	0.10	7.00	67.55
3.00	0.12	7.50	72.38
4.00	0.16	8.00	77.20
5.00	0.20	9.00	86.85
6.00	0.24	9.50	91.68
8.00	0.32	10.50	101.33
10.00	0.40	11.00	106.15

CBR value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	71.56	2.39
0.20	89.77	1.99



Kadar Air

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	8.30	8.20	8.20
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	28.00	28.40	30.80
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	23.40	23.40	25.30
Berat Tanah Kering (gr)	15.10	15.20	17.10
Berat Air (gr)	4.60	5.00	5.50
Kadar Air (%)	30.46	32.89	32.16
Kadar Air Rata - rata (%)	31.84		

3. CBR *unsoaked* Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi

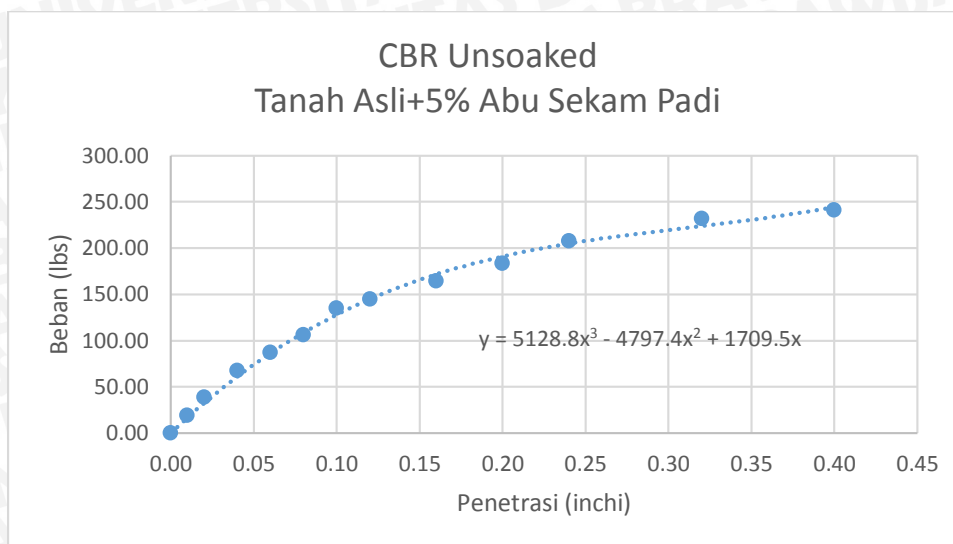
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6560.00
Berat Cetakan (gr)	2880.00
Berat Tanah Basah (gr)	3680.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.73
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.35

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	2.00	19.30
0.50	0.02	4.00	38.60
1.00	0.04	7.00	67.55
1.50	0.06	9.00	86.85
2.00	0.08	11.00	106.15
2.50	0.10	14.00	135.10
3.00	0.12	15.00	144.75
4.00	0.16	17.00	164.05
5.00	0.20	19.00	183.35
6.00	0.24	21.50	207.48
8.00	0.32	24.00	231.60
10.00	0.40	25.00	241.25

CBR value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	128.10	4.27
0.20	191.03	4.25



Kadar Air

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	8.10	8.10	8.20
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	22.00	24.90	24.10
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	19.00	21.10	20.70
Berat Tanah Kering (gr)	10.90	13.00	12.50
Berat Air (gr)	3.00	3.80	3.40
Kadar Air (%)	27.52	29.23	27.20
Kadar Air Rata - rata (%)	27.98		

4. CBR soaked Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi

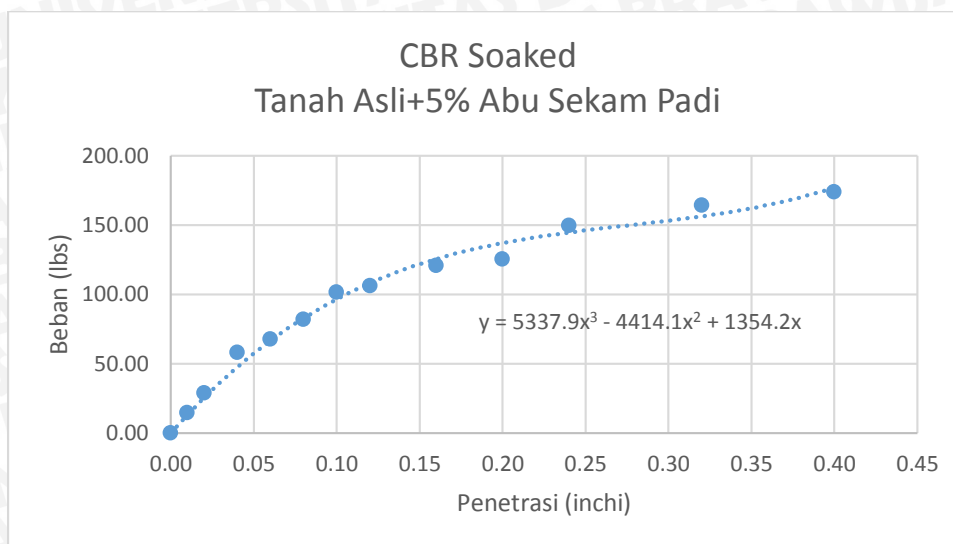
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6580.00
Berat Cetakan (gr)	2600.00
Berat Tanah Basah (gr)	3980.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.87
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.41

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	1.50	14.48
0.50	0.02	3.00	28.95
1.00	0.04	6.00	57.90
1.50	0.06	7.00	67.55
2.00	0.08	8.50	82.03
2.50	0.10	10.50	101.33
3.00	0.12	11.00	106.15
4.00	0.16	12.50	120.63
5.00	0.20	13.00	125.45
6.00	0.24	15.50	149.58
8.00	0.32	17.00	164.05
10.00	0.40	18.00	173.70

CBR value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	96.62	3.22
0.20	136.98	3.04

**Kadar Air**

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	8.30	8.30	8.20
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	28.00	28.60	29.40
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	23.10	24.20	23.90
Berat Tanah Kering (gr)	14.80	15.90	15.70
Berat Air (gr)	4.90	4.40	5.50
Kadar Air (%)	33.11	27.67	35.03
Kadar Air Rata - rata (%)	31.94		

5. CBR *unsoaked* Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi

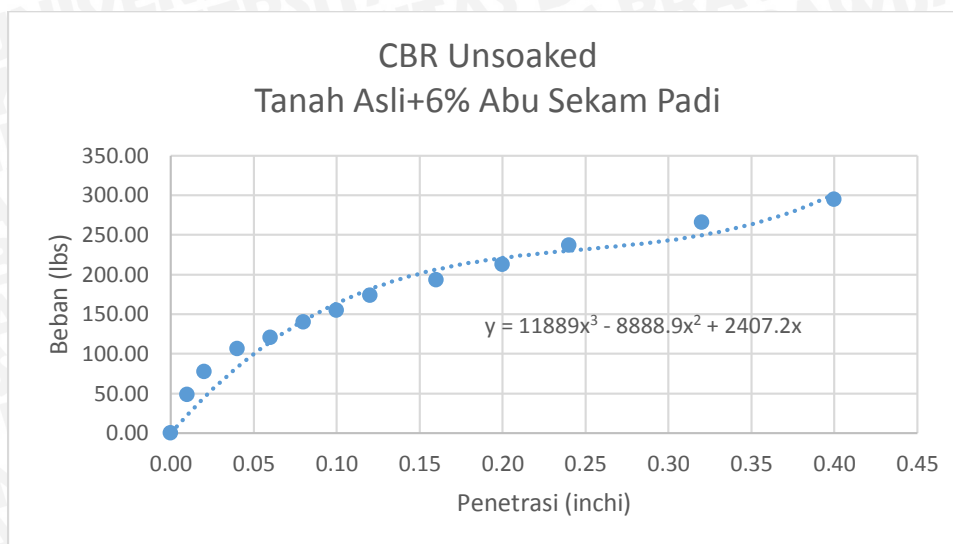
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6500.00
Berat Cetakan (gr)	2980.00
Berat Tanah Basah (gr)	3520.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.65
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.30

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	5.00	48.25
0.50	0.02	8.00	77.20
1.00	0.04	11.00	106.15
1.50	0.06	12.50	120.63
2.00	0.08	14.50	139.93
2.50	0.10	16.00	154.40
3.00	0.12	18.00	173.70
4.00	0.16	20.00	193.00
5.00	0.20	22.00	212.30
6.00	0.24	24.50	236.43
8.00	0.32	27.50	265.38
10.00	0.40	30.50	294.33

CBR value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	163.72	5.46
0.20	221.00	4.91



Kadar Air

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	8.20	8.20	8.30
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	27.10	29.60	28.30
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	23.10	25.00	24.00
Berat Tanah Kering (gr)	14.90	16.80	15.70
Berat Air (gr)	4.00	4.60	4.30
Kadar Air (%)	26.85	27.38	27.39
Kadar Air Rata - rata (%)	27.21		

6. CBR soaked Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi

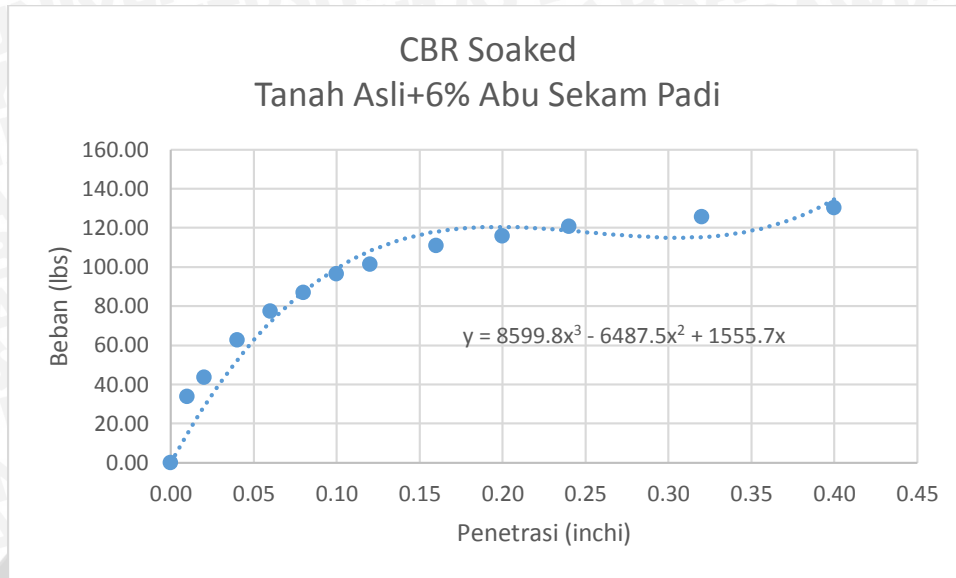
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6920.00
Berat Cetakan (gr)	2940.00
Berat Tanah Basah (gr)	3980.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.87
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.41

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	3.50	33.78
0.50	0.02	4.50	43.43
1.00	0.04	6.50	62.73
1.50	0.06	8.00	77.20
2.00	0.08	9.00	86.85
2.50	0.10	10.00	96.50
3.00	0.12	10.50	101.33
4.00	0.16	11.50	110.98
5.00	0.20	12.00	115.80
6.00	0.24	12.50	120.63
8.00	0.32	13.00	125.45
10.00	0.40	13.50	130.28

CBR Value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	99.29	3.31
0.20	120.44	2.68



Kadar Air

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	8.20	8.20	8.30
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	27.10	29.60	28.30
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	22.60	24.30	23.40
Berat Tanah Kering (gr)	14.40	16.10	15.10
Berat Air (gr)	4.50	5.30	4.90
Kadar Air (%)	31.25	32.92	32.45
Kadar Air Rata - rata (%)	32.21		

7. CBR *unsoaked* Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi

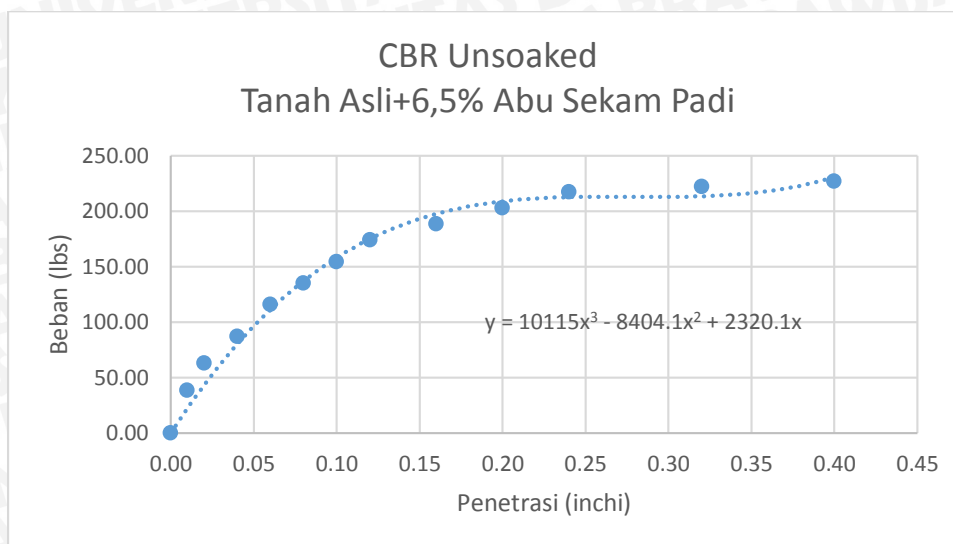
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6680.00
Berat Cetakan (gr)	2920.00
Berat Tanah Basah (gr)	3760.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.76
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.35

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	4.00	38.60
0.50	0.02	6.50	62.73
1.00	0.04	9.00	86.85
1.50	0.06	12.00	115.80
2.00	0.08	14.00	135.10
2.50	0.10	16.00	154.40
3.00	0.12	18.00	173.70
4.00	0.16	19.50	188.18
5.00	0.20	21.00	202.65
6.00	0.24	22.50	217.13
8.00	0.32	23.00	221.95
10.00	0.40	23.50	226.78

CBR Value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	158.08	5.27
0.20	208.78	4.64



Kadar Air

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	7.80	7.90	8.30
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	28.90	27.20	29.40
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	23.90	22.60	24.50
Berat Tanah Kering (gr)	16.10	14.70	16.20
Berat Air (gr)	5.00	4.60	4.90
Kadar Air (%)	31.06	31.29	30.25
Kadar Air Rata - rata (%)	30.87		

8. CBR soaked Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi

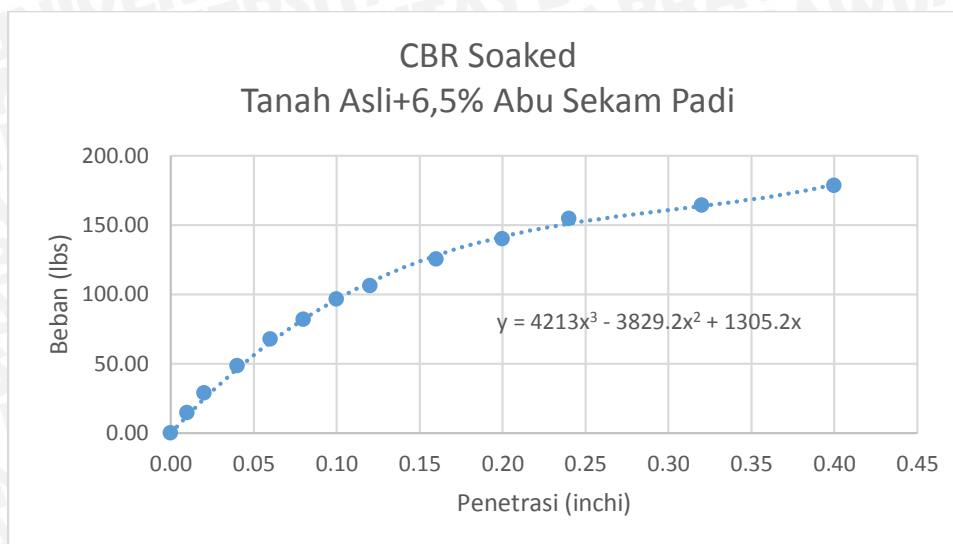
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6900.00
Berat Cetakan (gr)	2900.00
Berat Tanah Basah (gr)	4000.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.88
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.41

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	1.50	14.48
0.50	0.02	3.00	28.95
1.00	0.04	5.00	48.25
1.50	0.06	7.00	67.55
2.00	0.08	8.50	82.03
2.50	0.10	10.00	96.50
3.00	0.12	11.00	106.15
4.00	0.16	13.00	125.45
5.00	0.20	14.50	139.93
6.00	0.24	16.00	154.40
8.00	0.32	17.00	164.05
10.00	0.40	18.50	178.53

CBR Value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	96.45	3.22
0.20	141.62	3.15



Kadar Air

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	8.20	8.20	8.10
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	27.00	26.80	28.80
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	22.50	22.30	23.40
Berat Tanah Kering (gr)	14.30	14.10	15.30
Berat Air (gr)	4.50	4.50	5.40
Kadar Air (%)	31.47	31.91	35.29
Kadar Air Rata - rata (%)	32.89		

LAMPIRAN 4**CBR UNSOAKED DAN CBR SOAKED DENGAN CURING**

1. CBR *unsoaked curing* 0 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi
2. CBR *soaked curing* 0 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi
3. CBR *unsoaked curing* 7 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi
4. CBR *soaked curing* 7 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi
5. CBR *soaked curing* 7 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi (perulangan)
6. CBR *unsoaked curing* 14 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi
7. CBR *soaked curing* 14 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi
8. CBR *unsoaked curing* 28 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi
9. CBR *soaked curing* 28 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi



1. CBR *unsoaked curing* 0 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi

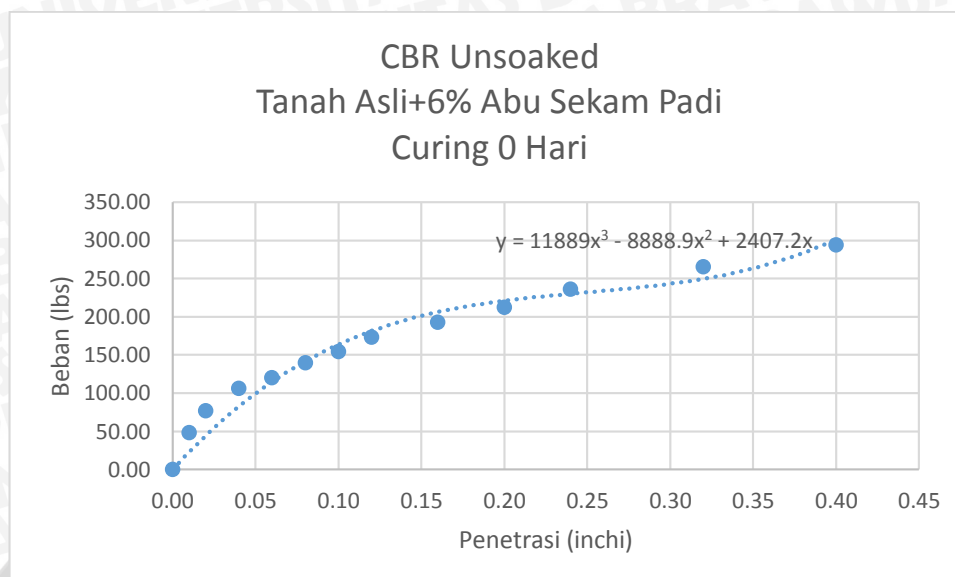
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6500.00
Berat Cetakan (gr)	2980.00
Berat Tanah Basah (gr)	3520.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.65
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.30

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	5.00	48.25
0.50	0.02	8.00	77.20
1.00	0.04	11.00	106.15
1.50	0.06	12.50	120.63
2.00	0.08	14.50	139.93
2.50	0.10	16.00	154.40
3.00	0.12	18.00	173.70
4.00	0.16	20.00	193.00
5.00	0.20	22.00	212.30
6.00	0.24	24.50	236.43
8.00	0.32	27.50	265.38
10.00	0.40	30.50	294.33

CBR value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	163.72	5.46
0.20	221.00	4.91



Kadar Air

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	8.20	8.20	8.30
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	27.10	29.60	28.30
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	23.10	25.00	24.00
Berat Tanah Kering (gr)	14.90	16.80	15.70
Berat Air (gr)	4.00	4.60	4.30
Kadar Air (%)	26.85	27.38	27.39
Kadar Air Rata - rata (%)	27.21		

2. CBR *unsoaked curing* 0 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi

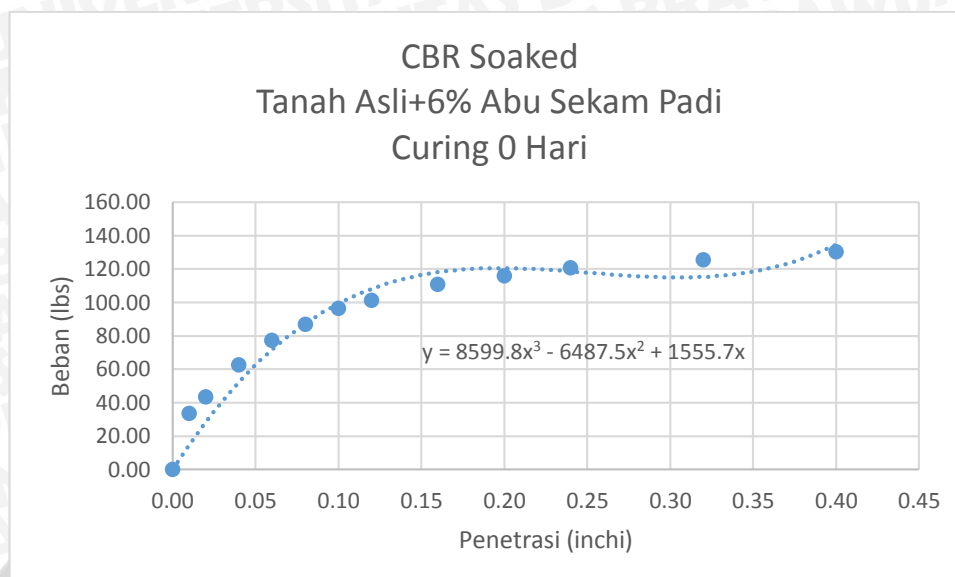
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6920.00
Berat Cetakan (gr)	2940.00
Berat Tanah Basah (gr)	3980.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.87
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.41

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	3.50	33.78
0.50	0.02	4.50	43.43
1.00	0.04	6.50	62.73
1.50	0.06	8.00	77.20
2.00	0.08	9.00	86.85
2.50	0.10	10.00	96.50
3.00	0.12	10.50	101.33
4.00	0.16	11.50	110.98
5.00	0.20	12.00	115.80
6.00	0.24	12.50	120.63
8.00	0.32	13.00	125.45
10.00	0.40	13.50	130.28

CBR value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	99.29	3.31
0.20	120.44	2.68

**Kadar Air**

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	8.20	8.20	8.30
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	27.10	29.60	28.30
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	22.60	24.30	23.40
Berat Tanah Kering (gr)	14.40	16.10	15.10
Berat Air (gr)	4.50	5.30	4.90
Kadar Air (%)	31.25	32.92	32.45
Kadar Air Rata - rata (%)	32.21		

3. CBR *unsoaked curing* 7 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi

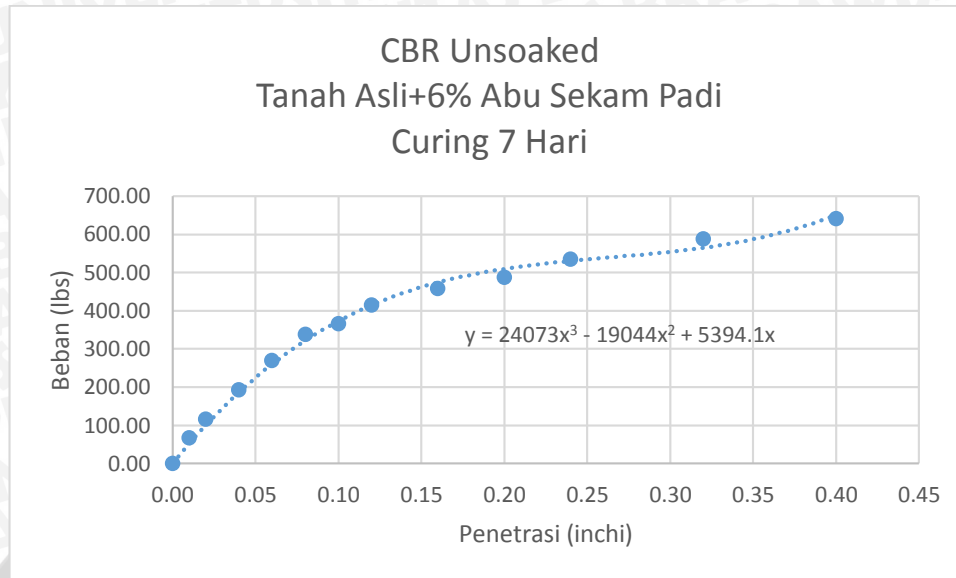
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6520.00
Berat Cetakan (gr)	2920.00
Berat Tanah Basah (gr)	3600.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.69
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.33

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	7.00	67.55
0.50	0.02	12.00	115.80
1.00	0.04	20.00	193.00
1.50	0.06	28.00	270.20
2.00	0.08	35.00	337.75
2.50	0.10	38.00	366.70
3.00	0.12	43.00	414.95
4.00	0.16	47.50	458.38
5.00	0.20	50.50	487.33
6.00	0.24	55.50	535.58
8.00	0.32	61.00	588.65
10.00	0.40	66.50	641.73

CBR value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	373.04	12.43
0.20	509.64	11.33

**Kadar Air**

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	4.20	6.00	5.90
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	21.80	23.90	25.80
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	18.10	20.10	21.70
Berat Tanah Kering (gr)	13.90	14.10	15.80
Berat Air (gr)	3.70	3.80	4.10
Kadar Air (%)	26.62	26.95	25.95
Kadar Air Rata - rata (%)	26.51		

4. CBR soaked curing 7 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi

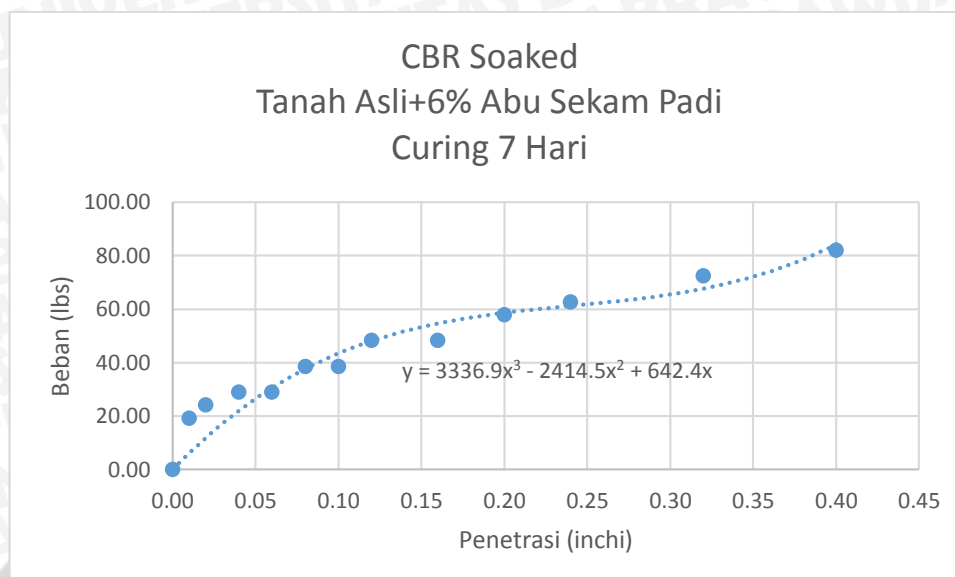
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	7000.00
Berat Cetakan (gr)	3020.00
Berat Tanah Basah (gr)	3980.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.87
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.33

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	2.00	19.30
0.50	0.02	2.50	24.13
1.00	0.04	3.00	28.95
1.50	0.06	3.00	28.95
2.00	0.08	4.00	38.60
2.50	0.10	4.00	38.60
3.00	0.12	5.00	48.25
4.00	0.16	5.00	48.25
5.00	0.20	6.00	57.90
6.00	0.24	6.50	62.73
8.00	0.32	7.50	72.38
10.00	0.40	8.50	82.03

CBR value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	43.43	1.45
0.20	58.60	1.30



Kadar Air

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	7.80	8.50	8.20
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	40.10	32.30	33.80
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	30.00	25.50	27.00
Berat Tanah Kering (gr)	22.20	17.00	18.80
Berat Air (gr)	10.10	6.80	6.80
Kadar Air (%)	45.50	40.00	36.17
Kadar Air Rata - rata (%)	40.56		

5. CBR *unsoaked curing* 14 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi

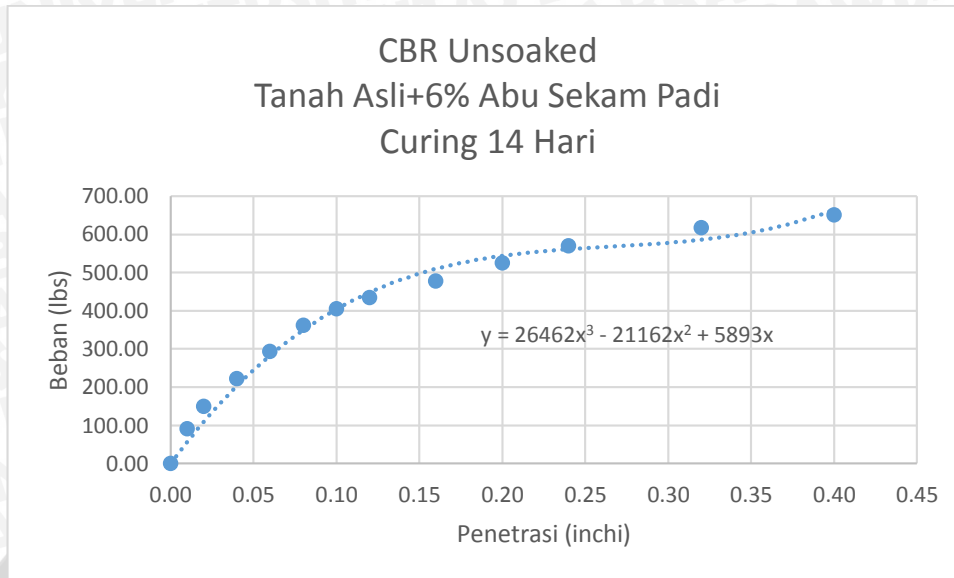
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6180.00
Berat Cetakan (gr)	2660.00
Berat Tanah Basah (gr)	3520.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.65
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.31

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	9.50	91.68
0.50	0.02	15.50	149.58
1.00	0.04	23.00	221.95
1.50	0.06	30.50	294.33
2.00	0.08	37.50	361.88
2.50	0.10	42.00	405.30
3.00	0.12	45.00	434.25
4.00	0.16	49.50	477.68
5.00	0.20	54.50	525.93
6.00	0.24	59.00	569.35
8.00	0.32	64.00	617.60
10.00	0.40	67.50	651.38

CBR value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	404.14	13.47
0.20	543.82	12.08



Kadar Air

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	5.80	5.50	5.50
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	17.90	21.20	21.20
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	15.40	18.00	18.00
Berat Tanah Kering (gr)	9.60	12.50	12.50
Berat Air (gr)	2.50	3.20	3.20
Kadar Air (%)	26.04	25.60	25.60
Kadar Air Rata - rata (%)	25.75		

6. CBR soaked curing 14 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi

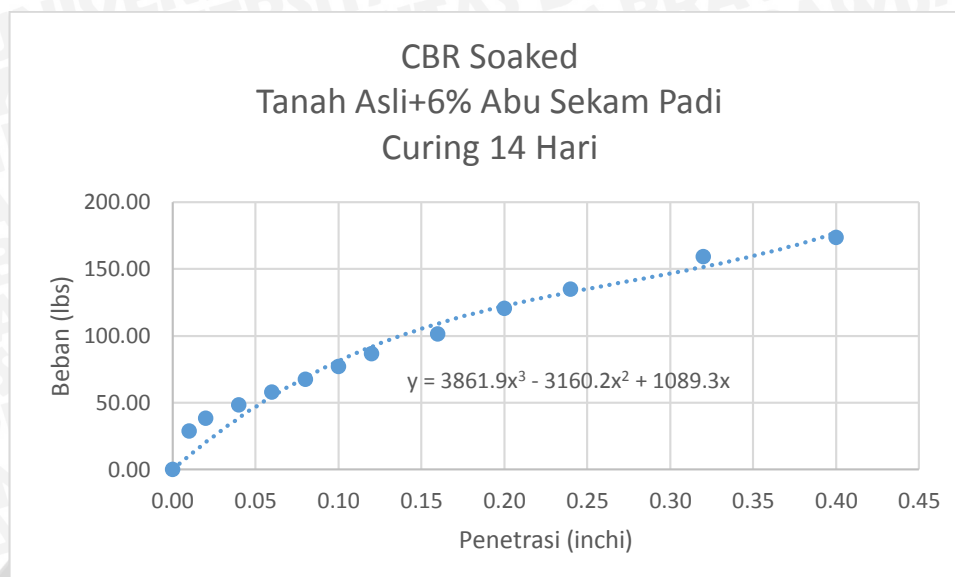
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6320.00
Berat Cetakan (gr)	2460.00
Berat Tanah Basah (gr)	3860.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.81
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.42

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	3.00	28.95
0.50	0.02	4.00	38.60
1.00	0.04	5.00	48.25
1.50	0.06	6.00	57.90
2.00	0.08	7.00	67.55
2.50	0.10	8.00	77.20
3.00	0.12	9.00	86.85
4.00	0.16	10.50	101.33
5.00	0.20	12.50	120.63
6.00	0.24	14.00	135.10
8.00	0.32	16.50	159.23
10.00	0.40	18.00	173.70

CBR Value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	81.19	2.71
0.20	122.35	2.72



Kadar Air

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	8.20	7.90	8.10
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	27.60	26.20	27.50
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	23.30	22.20	23.40
Berat Tanah Kering (gr)	15.10	14.30	15.30
Berat Air (gr)	4.30	4.00	4.10
Kadar Air (%)	28.48	27.97	26.80
Kadar Air Rata - rata (%)	27.75		

7. CBR *unsoaked curing* 28 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi

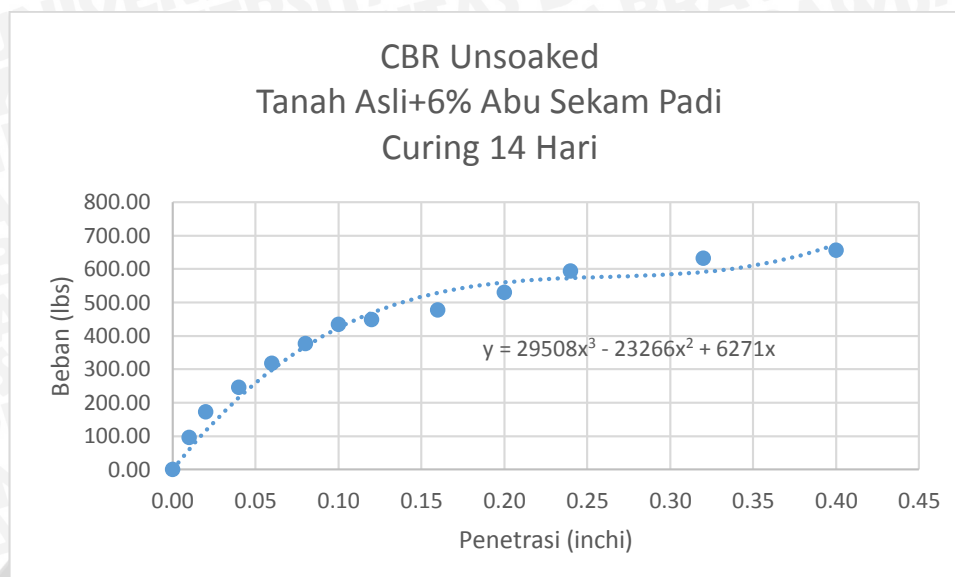
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6780.00
Berat Cetakan (gr)	2900.00
Berat Tanah Basah (gr)	3880.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.82
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.38

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	10.00	96.50
0.50	0.02	18.00	173.70
1.00	0.04	25.50	246.08
1.50	0.06	33.00	318.45
2.00	0.08	39.00	376.35
2.50	0.10	45.00	434.25
3.00	0.12	46.50	448.73
4.00	0.16	49.50	477.68
5.00	0.20	55.00	530.75
6.00	0.24	61.50	593.48
8.00	0.32	65.50	632.08
10.00	0.40	68.00	656.20

CBR Value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	423.95	14.13
0.20	559.62	12.44

**Kadar Air**

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	8.50	8.10	7.90
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	28.30	25.70	24.00
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	23.80	21.50	19.90
Berat Tanah Kering (gr)	15.30	13.40	12.00
Berat Air (gr)	4.50	4.20	4.10
Kadar Air (%)	29.41	31.34	34.17
Kadar Air Rata - rata (%)	31.64		

8. CBR soaked curing 28 hari Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi

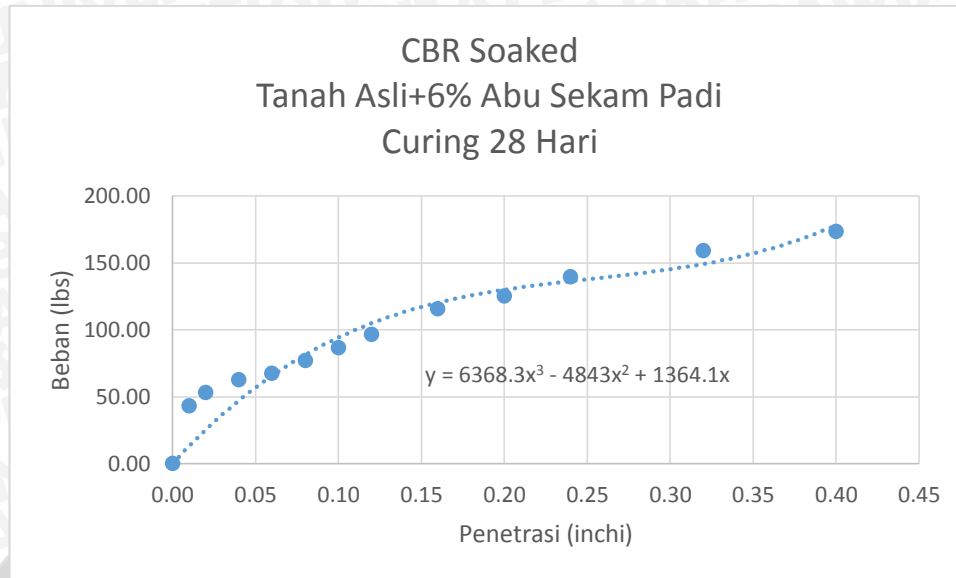
Jumlah Pukulan	56 x
Berat Tanah + Cetakan (gr)	6320.00
Berat Cetakan (gr)	2460.00
Berat Tanah Basah (gr)	3860.00
Isi Cetakan (cm ³)	2133.08
Berat Isi Basah (gr/cm ³)	1.81
Berat Isi Kering (gr/cm ³)	1.35

CBR calibration factor = 9,65

Penetrasi (mm)	Penetrasi (inchi)	Pembacaan Proving Ring	Beban (lbs)
0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	0.01	4.50	43.43
0.50	0.02	5.50	53.08
1.00	0.04	6.50	62.73
1.50	0.06	7.00	67.55
2.00	0.08	8.00	77.20
2.50	0.10	9.00	86.85
3.00	0.12	10.00	96.50
4.00	0.16	12.00	115.80
5.00	0.20	13.00	125.45
6.00	0.24	14.50	139.93
8.00	0.32	16.50	159.23
10.00	0.40	18.00	173.70

CBR Value

Penetrasi (inchi)	Load (lbs)	CBR Value (%)
0.10	94.35	3.14
0.20	130.05	2.89

**Kadar Air**

Jumlah Pukulan	56 Pukulan		
Lapisan	Atas	Tengah	Bawah
Berat Cawan (gr)	8.50	8.20	7.80
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	30.30	41.50	26.40
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	24.60	33.00	21.80
Berat Tanah Kering (gr)	16.10	24.80	14.00
Berat Air (gr)	5.70	8.50	4.60
Kadar Air (%)	35.40	34.27	32.86
Kadar Air Rata - rata (%)	34.18		

LAMPIRAN 5

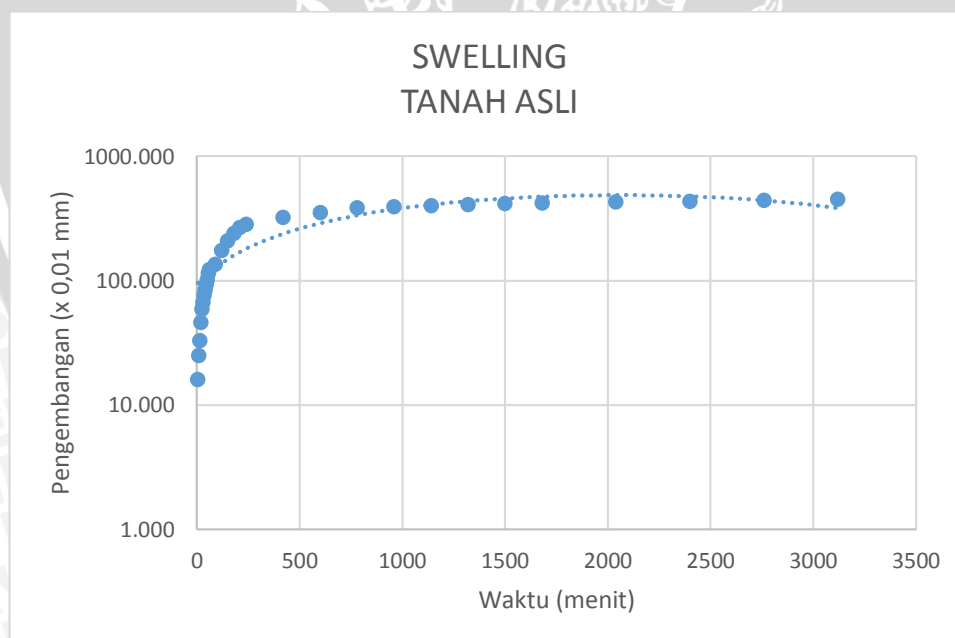
SWELLING

1. *Swelling* Tanah Asli
2. *Swelling* Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi
3. *Swelling* Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi
4. *Swelling* Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi
5. *Swelling* Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi dengan *curing* 7 hari
6. *Swelling* Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi dengan *curing* 14 hari
7. *Swelling* Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi dengan *curing* 28 hari



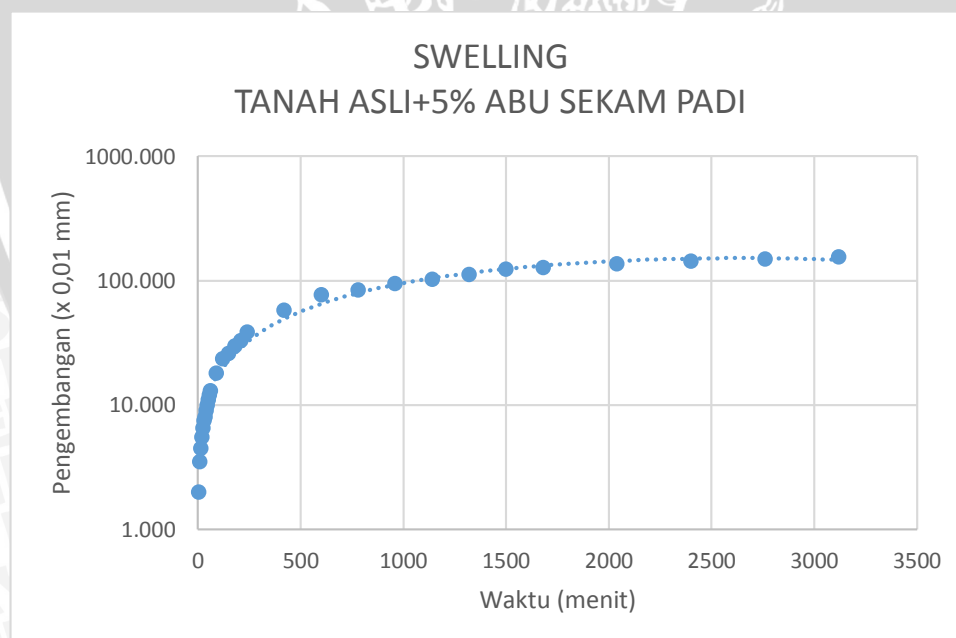
1. Swelling Tanah Asli

Waktu (menit)	Pengembangan (x0,01mm)	Proses Pengembangan (%)	Waktu (menit)	Pengembangan (x0,01mm)	Proses Pengembangan (%)
5	16.000	0.142	180	239.000	2.115
10	25.000	0.221	210	267.000	2.363
15	33.000	0.292	240	284.000	2.513
20	46.000	0.407	420	321.000	2.841
25	59.000	0.522	600	352.000	3.115
30	67.000	0.593	780	386.000	3.416
35	76.000	0.673	960	391.000	3.460
40	84.000	0.743	1140	401.000	3.549
45	93.000	0.823	1320	408.000	3.611
50	102.000	0.903	1500	415.000	3.673
55	114.000	1.009	1680	423.000	3.743
60	123.000	1.088	2040	428.000	3.788
90	135.000	1.195	2400	435.000	3.850
120	174.000	1.540	2760	443.000	3.920
150	208.000	1.841	3120	450.000	3.982



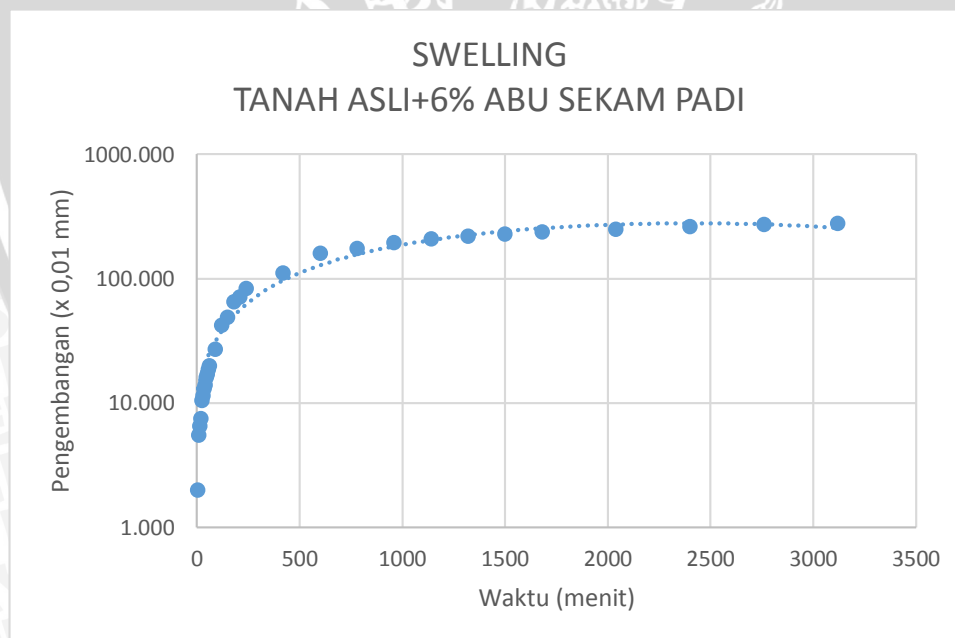
2. Swelling Tanah Asli + 5% Abu Sekam Padi

Waktu (menit)	Pengembangan (x0,01mm)	Proses Pengembangan (%)	Waktu (menit)	Pengembangan (x0,01mm)	Proses Pengembangan (%)
5	2.000	0.018	180	30.000	0.265
10	3.500	0.031	210	33.000	0.292
15	4.500	0.040	240	38.500	0.341
20	5.500	0.049	420	58.000	0.513
25	6.500	0.058	600	77.000	0.681
30	7.500	0.066	780	84.500	0.748
35	8.000	0.071	960	95.000	0.841
40	9.000	0.080	1140	103.000	0.912
45	10.000	0.088	1320	112.000	0.991
50	11.000	0.097	1500	124.000	1.097
55	12.000	0.106	1680	128.000	1.133
60	13.000	0.115	2040	137.000	1.212
90	18.000	0.159	2400	144.000	1.274
120	23.500	0.208	2760	150.000	1.327
150	26.000	0.230	3120	156.000	1.381



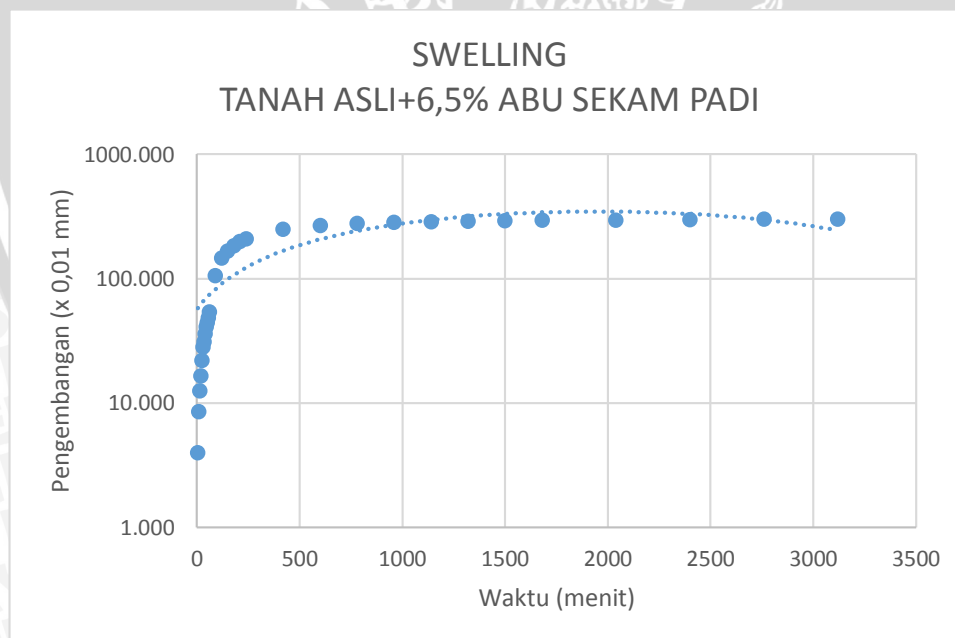
3. Swelling Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi

Waktu (menit)	Pengembangan (x0,01mm)	Proses Pengembangan (%)	Waktu (menit)	Pengembangan (x0,01mm)	Proses Pengembangan (%)
5	2.000	0.018	180	65.000	0.575
10	5.500	0.049	210	71.000	0.628
15	6.500	0.058	240	83.000	0.735
20	7.500	0.066	420	111.000	0.982
25	10.500	0.093	600	160.000	1.416
30	11.500	0.102	780	174.000	1.540
35	13.000	0.115	960	194.000	1.717
40	14.000	0.124	1140	208.000	1.841
45	16.000	0.142	1320	220.000	1.947
50	17.000	0.150	1500	229.000	2.027
55	18.500	0.164	1680	238.000	2.106
60	20.000	0.177	2040	250.000	2.212
90	27.000	0.239	2400	262.500	2.323
120	42.000	0.372	2760	273.000	2.416
150	49.000	0.434	3120	278.500	2.465



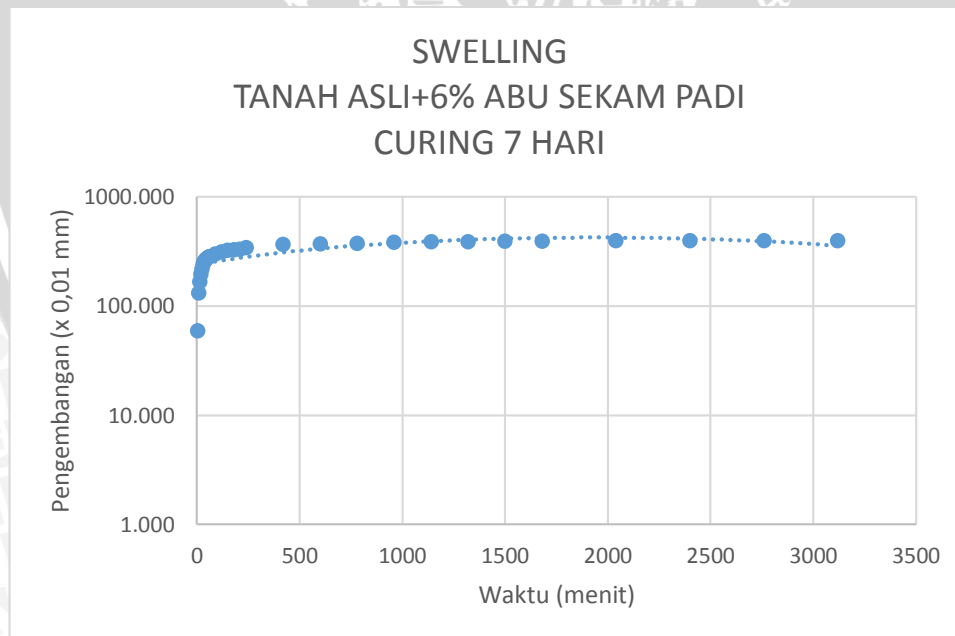
4. Swelling Tanah Asli + 6,5% Abu Sekam Padi

Waktu (menit)	Pengembangan (x0,01mm)	Proses Pengembangan (%)	Waktu (menit)	Pengembangan (x0,01mm)	Proses Pengembangan (%)
5	4.000	0.035	180	183.000	1.619
10	8.500	0.075	210	199.000	1.761
15	12.500	0.111	240	209.000	1.850
20	16.500	0.146	420	250.000	2.212
25	22.000	0.195	600	268.500	2.376
30	28.000	0.248	780	277.000	2.451
35	31.000	0.274	960	283.500	2.509
40	36.000	0.319	1140	287.500	2.544
45	41.000	0.363	1320	290.500	2.571
50	44.500	0.394	1500	293.500	2.597
55	48.500	0.429	1680	294.000	2.602
60	54.000	0.478	2040	296.000	2.619
90	106.000	0.938	2400	298.500	2.642
120	146.000	1.292	2760	300.000	2.655
150	167.000	1.478	3120	301.000	2.664



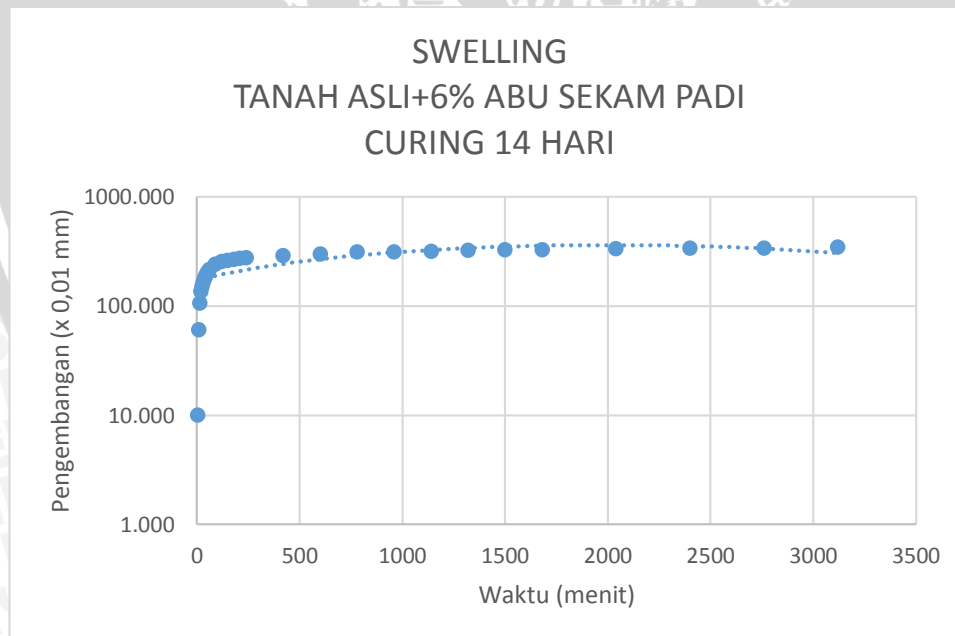
5. Swelling Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi dengan *curing* 7 hari (pengulangan)

Waktu (menit)	Pengembangan (x0,01mm)	Proses Pengembangan (%)	Waktu (menit)	Pengembangan (x0,01mm)	Proses Pengembangan (%)
5	59.000	0.522	180	325.000	2.876
10	131.000	1.159	210	330.000	2.920
15	165.000	1.460	240	340.000	3.009
20	193.000	1.708	420	362.000	3.204
25	218.000	1.929	600	368.000	3.257
30	238.000	2.106	780	374.000	3.310
35	255.000	2.257	960	380.000	3.363
40	260.000	2.301	1140	383.000	3.389
45	269.000	2.381	1320	386.000	3.416
50	273.000	2.416	1500	388.000	3.434
55	278.000	2.460	1680	390.000	3.451
60	282.000	2.496	2040	392.000	3.469
90	298.000	2.637	2400	393.000	3.478
120	310.000	2.743	2760	393.500	3.482
150	320.000	2.832	3120	394.000	3.487



6. Swelling Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi dengan curing 14 hari

Waktu (menit)	Pengembangan (x0,01mm)	Proses Pengembangan (%)	Waktu (menit)	Pengembangan (x0,01mm)	Proses Pengembangan (%)
5	10.000	0.088	180	266.000	2.354
10	60.000	0.531	210	271.000	2.398
15	106.000	0.938	240	274.000	2.425
20	135.000	1.195	420	288.000	2.549
25	150.000	1.327	600	297.000	2.628
30	161.000	1.425	780	309.000	2.735
35	173.500	1.535	960	310.000	2.743
40	184.000	1.628	1140	316.000	2.796
45	192.000	1.699	1320	320.000	2.832
50	200.000	1.770	1500	324.000	2.867
55	208.000	1.841	1680	326.000	2.885
60	213.500	1.889	2040	331.000	2.929
90	241.000	2.133	2400	336.000	2.973
120	253.000	2.239	2760	338.000	2.991
150	260.500	2.305	3120	343.000	3.035



7. Swelling Tanah Asli + 6% Abu Sekam Padi dengan curing 28 hari

Waktu (menit)	Pengembangan (x0,01mm)	Proses Pengembangan (%)	Waktu (menit)	Pengembangan (x0,01mm)	Proses Pengembangan (%)
5	2.000	0.018	180	209.500	1.854
10	5.000	0.044	210	215.000	1.903
15	8.000	0.071	240	221.000	1.956
20	11.000	0.097	420	234.000	2.071
25	20.000	0.177	600	249.000	2.204
30	32.000	0.283	780	261.000	2.310
35	55.000	0.487	960	275.000	2.434
40	62.500	0.553	1140	287.000	2.540
45	87.500	0.774	1320	297.000	2.628
50	108.500	0.960	1500	309.000	2.735
55	129.000	1.142	1680	317.000	2.805
60	149.500	1.323	2040	322.000	2.850
90	169.000	1.496	2400	327.000	2.894
120	182.000	1.611	2760	330.500	2.925
150	198.500	1.757	3120	332.000	2.938

