

**PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH HANCURAN DINDING
PADA TANAH LEMPUNG DIKAWASAN UNIVERSITAS
BRAWIJAYA TERHADAP NILAI CBR**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



DISUSUN OLEH :

**INDRA FEBRIYANTO
NIM. 0001060039 - 61**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN SIPIL
2007**

Indra Febriyanto. Januari 2007 . Pengaruh Penambahan Limbah Hancuran Dinding Pada Tanah Lempung Dikawasan Universitas Brwijaya Terhadap Nilai CBR. Skripsi. Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang. Dosen Pembimbing : Ir. Widodo S, M.Eng dan Ir. Harimurti, MT

ABSTRAKSI

Tanah Lempung merupakan jenis tanah yang paling sensitif. Tanah lempung mudah sekali turun seperti mereka mudah sekali naik, jika mengalami suatu keadaan tertentu. Banyak sekali cara yang dilakukan oleh ilmuwan dan insinyur untuk memperbaiki sifat tanah lempung. Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan stabilisasi.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah hancuran dinding sebagai bahan stabilisasi, pada tanah lempung terhadap berat isi kering, kadar air Optimum dan nilai CBR.

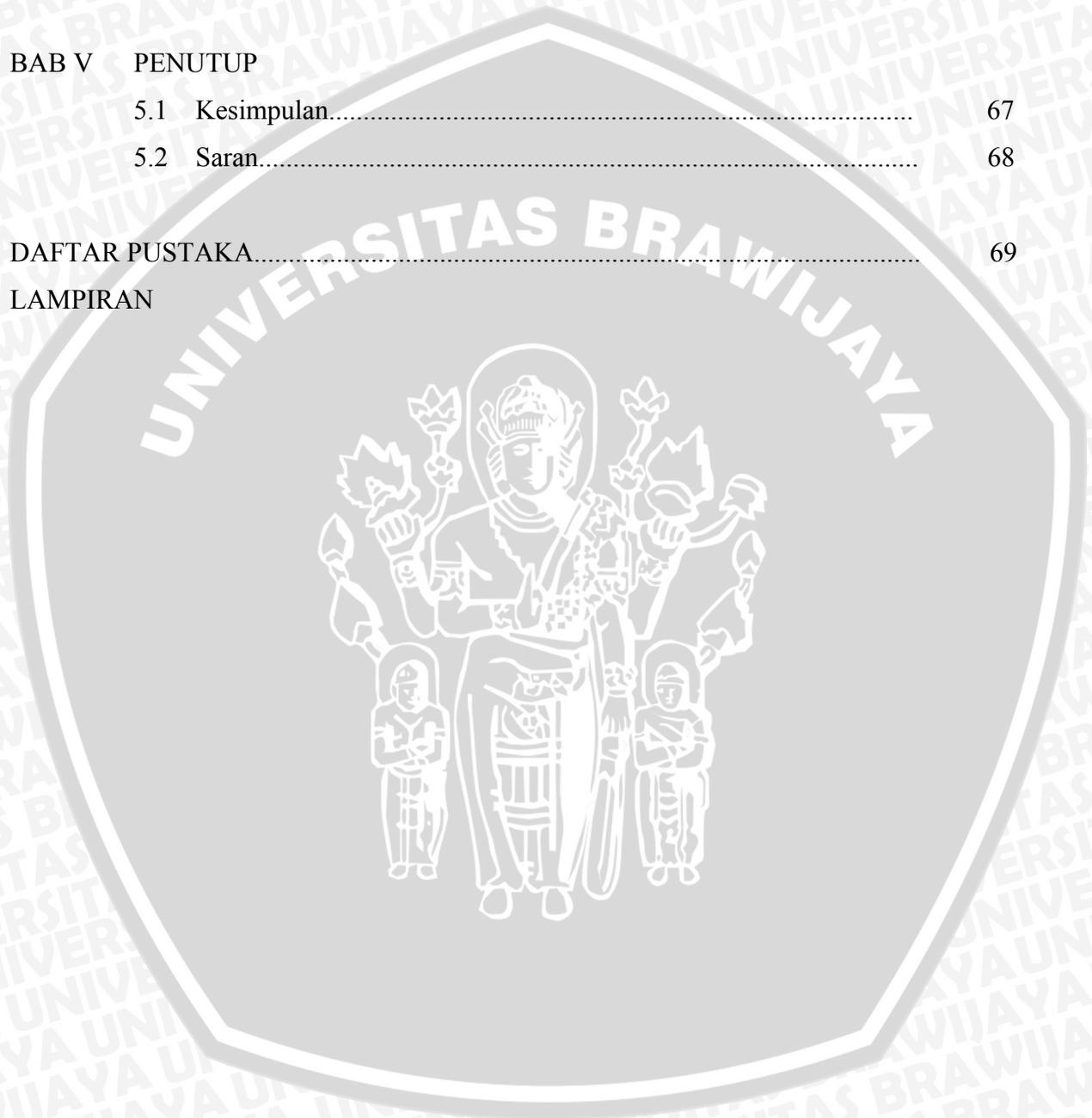
Tanah yang diteliti adalah tanah lempung yang terdapat di kawasan kampus Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilakukan pada tanah asli dalam kondisi tak terganggu maupun tanah asli yang telah distabilisasi dengan limbah hancuran dinding 0%, 3% dan 6% serta diberi variasi waktu perawatan. Variasi waktu perawatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0 hari, 7 hari, dan 14 hari. Penelitian ini menggunakan peralatan yang tersedia di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, untuk Pemeriksaan kadar air menggunakan alat cawan, oven dan timbangan. Pemeriksaan berat jenis tanah menggunakan alat labu ukur, thermometer, pipet, kompor listrik, timbangan, gelas kimia. Analisa saringan dan hidrometer menggunakan alat satu set ayakan dan mesin penggetar, sikat, timbangan, alat hidrometer, tabung, stopwatch, cawan, dan open. Pemeriksaan batas cair dan batas plastis menggunakan alat cassagrande, splatula, grooving tool, kaca, timbangan, cawan, oven. Pemeriksaan kepadatan dan CBR menggunakan cetakan (mould), alat penumbuk, extruder, timbangan, mesin penetrasi, mould keping beban, arloji, beban, penetrasi stopwatch, cawan, oven.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan limbah hancuran dinding maka tanah lempung mempunyai nilai CBR yang meningkat seiring dengan waktu perawatan. Dimana kenaikan tertinggi nilai CBR tanah terjadi pada perlakuan penambahan limbah hancuran dinding 3% dan waktu perawatan 14 hari yaitu untuk uji CBR 56 pukulan sebesar 20.68%. Untuk uji CBR 10 pukulan sebesar 11.45% (bertambah sebesar 5.37% dari nilai tanah CBR tanah asli yaitu 9.69%). Untuk uji CBR 25 pukulan sebesar 16.09% (bertambah sebesar 17.96% dari nilai CBR tanah asli 13.20%). Untuk uji CBR 56 pukulan sebesar 20.68% (bertambah dari sebesar 17.96% dari nilai CBR tanah asli 18.93%).

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAKSI.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	5
1.3 Pembatasan Masalah.....	5
1.4 Perumusan Masalah.....	7
1.5 Tujuan Penelitian.....	7
1.6 Manfaat Penelitian.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanah Lempung (<i>Clay</i>).....	9
2.1.1 Susunan Mineral Lempung.....	10
2.2 Stabilisasi Tanah Lempung.....	13
2.2.1 Stabilisasi Tanah Lempung dengan Limbah Hancuran Dinding.....	13
2.2.1.1 Dinding dan Komposisinya.....	13
2.2.1.2 Kapur.....	17
2.2.1.3 Semen.....	22
2.2.1.4 Batu Bata (Batu Merah).....	24
2.2.1.5 Pasir.....	26
2.3 Lingkup Penelitian.....	27
2.3.1 Analisa Saring.....	27
2.3.2 Analisa Hidrometer.....	27

	5
Terhadap Nilai CBR (<i>unsoaked</i>)	64
4.4.1.1 Analisis Varian Dua Arah Nilai CBR Laboratorium.	64
4.4.1.1.3 Penambahan Limbah Hancuran Dinding Dan Pemberian Waktu Perawatan Terhadap Nilai CBR (<i>soaked</i>).....	65
 BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	68
 DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN	



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan dasar dari suatu struktur atau konstruksi, baik itu konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan, yang sering menimbulkan masalah bila memiliki sifat-sifat yang buruk. Oleh karena tanah berfungsi sebagai dasar dari suatu bangunan sipil, maka perlu diketahui sifat atau perilaku tanah tersebut sebagai akibat dari adanya bangunan di atasnya maupun pengaruh dari kondisi alami, seperti sifat fisik teknik dari tanah dan pengaruh dari adanya perubahan iklim atau musim.

Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Tanah merupakan salah satu bahan konstruksi yang langsung tersedia di lapangan yang selain berfungsi sebagai pendukung pondasi bangunan, dapat juga digunakan untuk bahan timbunan seperti tanggul, bendungan maupun jalan raya. Akan tetapi dalam penggunaannya sebagai bahan konstruksi, tanah harus melewati proses pengendalian mutu terlebih dahulu, apakah tanah tersebut layak digunakan sebagai bahan konstruksi atau tidak. Suatu hal yang sering dijumpai di lapangan adalah bahwa kondisi tanah yang ada secara teknis tidak sesuai dengan harapan, dimana untuk keperluannya sebagai bahan konstruksi perlu dilakukan perbaikan-perbaikan secara teknis ataupun langsung memanfaatkannya dalam kondisi yang terbatas, bahkan ada pula kemungkinan diambil alternatif untuk memindahkan lokasi ke tempat yang lebih baik. Tanah yang mempunyai plastisitas tinggi, kekuatan geser rendah, kemampuan yang besar, dan perubahan volume atau potensi kembang susut yang besar akibat perubahan kadar air digolongkan sebagai tanah yang mempunyai sifat buruk.

Sifat-sifat tanah seperti diatas dapat diatasi dengan melakukan suatu stabilisasi terhadap tanah tersebut ,stabilisasi tanah sendiri mempunyai pengertian yaitu suatu usaha untuk meningkatkan sifat-sifat dan kekuatan tanah. Menurut Bowles, J.E, (1986), stabilisasi dapat terdiri dari salah satu tindakan berikut :

- Menambah kerapatan tanah
- Menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi dan/atau tahanan geser yang timbul
- Menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisis dari material tanah
- Merendahkan muka air tanah (drainase tanah)
- Mengganti tanah-tanah yang buruk.

Salah satu jenis tanah yang sering kita jumpai dan mempunyai sifat-sifat buruk seperti yang tersebut di atas adalah tanah-tanah kohesif yaitu tanah jenis lempung (*clay*). Sifat atau ciri-ciri yang dimiliki oleh tanah lempung adalah potensi kembang susut yang besar apabila terjadi perubahan kadar air. Pada musim penghujan, saat tanah terisi penuh dengan air, tanah jenis ini akan mengembang dan menjadi sangat lunak. Sebaliknya pada musim kemarau, saat kadar air dalam tanah berkurang, tanah jenis ini akan menyusut dan menjadi sangat keras. Besarnya pengembangan dan penyusutan tanah lempung pada umumnya tidak sama / merata / homogen dari satu titik ke titik lainnya, sehingga menyebabkan timbulnya perbedaan ketinggian dari permukaan (*differential movement*) yang dapat mengakibatkan kerugian-kerugian konstruksi, antara lain :

- Terjadi gelombang (*heave*) dan retak-retak (*cracking*) pada lapisan permukaan jalan
- Kelebihan (*excess*) tegangan lateral pada dinding penahan
- Gelombang dan tekuk (*buckling*) pada pelat lantai

- Berkurangnya daya dukung dan kekuatan (*strength*) tanah akibat kenaikan kadar air

Mengingat sebagian besar lapisan tanah di Indonesia terdiri dari tanah lempung, maka perlu kiranya dilakukan perbaikan mutu dari tanah tersebut jika akan didirikan suatu struktur di atasnya agar kerugian-kerugian seperti yang tersebut di atas dapat dicegah sebelumnya.

Beberapa penelitian telah dilakukan dan dikembangkan untuk mengetahui sifat, karakteristik dan perilaku tanah lempung dalam kaitannya pada bidang sipil, diantaranya adalah :

- 1) Dicky Irawan, 1996, Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Menggunakan Bahan Campuran Kapur
- 2) Erwin Listya Budi, 1996, Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Menggunakan Bahan Campuran Semen
- 3) Nindyawati, 1997, Pengaruh Waktu Perawatan Terhadap Nilai Kohesi Efektif Pada Tanah Lempung Ekspansif Dengan Menggunakan Campuran Kapur
- 4) Zulaidi, 1996, Pengaruh Penambahan Aspal Emulsi Terhadap Nilai CBR

Sebagai pengembangan hasil penelitian mengenai stabilisasi tanah lempung yang telah dilakukan sebelumnya, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang stabilisasi tanah lempung dengan menggunakan limbah hancuran dinding. Beberapa hal yang mendasari penelitian ini sebagai kelanjutan penelitian sebelumnya adalah dengan pertimbangan-pertimbangan :

- Limbah hancuran dinding merupakan bahan buangan yang bisa dimanfaatkan kembali
- Limbah hancuran dinding mudah didapat dan memiliki nilai ekonomi yang rendah (murah)

- Limbah hancuran dinding mengandung bahan-bahan yang bisa digunakan untuk stabilisasi tanah, antara lain ; semen, kapur, dan batu bata merah
- Limbah hancuran dinding mengandung semen yang merupakan salah satu material aktif, dapat menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi maupun fisis dalam tanah, merupakan suatu bahan pengikat hidrolis yang dapat mengeras apabila bereaksi dengan air sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah.
- Limbah hancuran dinding mengandung kapur yang merupakan salah satu material aktif, dapat menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi maupun fisis dalam tanah, serta dapat mengurangi plastisitas tanah sehingga dapat meningkatkan kekuatan tanah dan daya dukung tanah.
- Limbah hancuran dinding mengandung batu bata merah yang apabila dihancurkan dapat digunakan untuk stabilisasi tanah sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah

Untuk memperoleh komposisi campuran tanah - limbah hancuran dinding yang ideal untuk suatu jenis tanah lempung yang akan distabilisasi dengan menggunakan limbah hancuran dinding, maka perlu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan limbah hancuran dinding. Dari penelitian tersebut dapat diperoleh suatu komposisi yang dapat menstabilkan tanah lempung secara optimal dan ekonomis dan diharapkan bisa digunakan sebagai pertimbangan awal apabila akan melakukan suatu pembangunan di atas lapisan tanah lempung.

1.2 Identifikasi masalah

Lapisan tanah lempung yang terdiri dari butiran-butiran yang sangat halus, mempunyai sifat-sifat yang tidak menguntungkan bila digunakan sebagai dasar suatu bangunan atau konstruksi. misal terjadinya gelombang disertai retak- retak pada

permukaan jalan raya, miringnya abutment jembatan akibat pengembangan tanah dibelakangnya.

Hal ini disebabkan karena tanah lempung tersebut mempunyai permeabilitas kecil, kekuatan geser yang rendah, pemampatan yang besar, plastisitas tinggi, perubahan volume yang besar atau potensi kembang susut yang besar akibat perubahan kadar air. sehingga sifat-sifat dari tanah lempung tersebut haruslah diperbaiki atau dengan kata lain distabilisasi.

1.3 Pembatasan Masalah

Dengan melihat luasnya ruang lingkup permasalahan, dan dikarenakan kondisi keterbatasan-keterbatasan yang ada, maka penelitian ini hanya dibatasi pada:

1. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, meliputi pemeriksaan : analisa saringan, batas-batas atterberg, berat jenis tanah, pemadatan standar, dan CBR.
2. Tanah lempung yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lempung yang terdapat di lingkungan Brawijaya pada kedalaman 1-2 meter.
3. Limbah hancuran dinding diambil dari daerah Sawojajar, Malang.
4. Air yang digunakan adalah air PDAM Kodya Malang
5. Suhu selama proses pengujian / percobaan disesuaikan dengan suhu kamar (20°C)
6. Jumlah benda uji untuk tiap variasi campuran dan tiap lama waktu perawatan masing-masing 3 buah.
7. Pemeriksaan CBR langsung (tanpa perendaman) dan CBR (rendaman) dilakukan tiga kali perulangan setiap perlakuan setelah waktu perawatan 0 hari , 7 hari dan 14 hari.
8. Tidak melakukan pembahasan tentang analisis kimia dan ekonomi

9. Komposisi limbah hancuran dinding tidak diperhitungkan, dianggap sama untuk setiap bahan campurannya.
10. Standart yang digunakan dalam melakukan pengamatan percobaan di laboratorium mengikuti ASTM (*American Society For Testing and Materials*) dan AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*)
11. diameter terbesar fragmen bongkaran adalah 3 cm, yang diambil dari sampel bongkaran asli

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas maka dapat dirumuskan masalah yang akan diteliti, yaitu:

- Seberapa besar pengaruh penambahan limbah hancuran dinding pada tanah lempung terhadap kepadatan, kadar air optimum (OMC)?
- Seberapa besar pengaruh penambahan limbah hancuran dinding terhadap nilai CBR?
- Seberapa besar pengaruh waktu perawatan pada tanah lempung yang dicampur limbah hancuran dinding terhadap nilai CBR?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah :

- Untuk mengetahui besar pengaruh penambahan limbah hancuran dinding pada tanah lempung terhadap berat isi kering, kadar air optimum (OMC).
- Untuk mengetahui besar pengaruh penambahan limbah hancuran dinding dan nilai CBR.
- Untuk mengetahui besar pengaruh waktu perawatan pada tanah lempung yang dicampur limbah hancuran dinding dan nilai CBR.

1.6 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas tentang penggunaan limbah hancuran dinding sebagai salah satu alternatif yang dapat dipertimbangkan dalam upaya stabilisasi tanah lempung yang mempunyai sifat-sifat fisik dan teknis yang buruk.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah Lempung (Clay)

Secara umum ukuran partikel tanah adalah sangat beragam dengan variasi yang cukup besar. Tanah umumnya dapat diklasifikasikan menjadi empat kelompok, yaitu kerikil (gravel), pasir (sand), lanau(silt), dan lempung (clay),tergantung pada ukuran partikel yang paling dominant pada tanah tersebut.Untuk menerangkan tentang klasifikasi tanah berdasarkan ukuran partikelnya,beberapa organisasi telah mengembangkan batasan-batasan ukuran golongan jenis tanah (*soil-separate-size-limit*).hal ini dapat dilihat dalam table 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi tanah berdasarkan ukuran partikel

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 official(AASTHO)	76.2-2	2-0.0075	0.075-0.002	<0.002
Unified soil classification system (U.S Army Corps of engineer, U.S Bureau of Reclamation)	76.2-4.75	4.75-0.075	Halus (lanau dan lempung) <0.0075	

Sumber : Braja M.Das 1991, Mekanika Tanah I : 7

Pada table diatas tanah diklasifikasikan berdasarkan pada ukuran butir lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0.002 mm. Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung merupakan tanah lempung karena dari segi mineralnya (bukan ukurannya), yang disebut tanah lempung adalah tanah yang mengandung mineral-mineral yang menyebabkan tanah menjadi sifat plastis.

2.2.1 Susunan Mineral Lempung

Pelapukan tanah akibat reaksi kimia menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran lebih kecil dari 0.002 mm, yang disebut mineral lempung. Lempung terdiri dari partikel mikroskopis dan sub-mikroskopis yang hanya dapat dilihat dengan menggunakan *scanning electron microscope*. Partikel lempung berbentuk seperti lembaran yang mempunyai permukaan khusus sehingga lempung mempunyai sifat sangat dipengaruhi oleh gaya-gaya permukaan. Jenis dan sifat lempung tergantung dari jenis dan komposisi mineral pembentuk butiran tanah. Mineral lempung adalah campuran yang diperlukan untuk membuat suatu deposit tanah menjadi bersifat kohesif. Mineral-mineral lempung terutama terdiri dari silikat alumunium, besi dan magnesium. Beberapa diantaranya juga mengandung alkali dan tanah alkalin sebagai komponen yang penting. Mineral-mineral ini terutama terdiri dari kristalin dimana atom-atom yang membentuknya tersusun dalam suatu pola geometris tertentu. Sebagian besar mineral lempung mempunyai struktur berlapis, beberapa diantaranya mempunyai bentuk silinder memanjang atau struktur berserat. Sumber utama dari mineral lempung ialah pelapukan kimiawi dari batuan yang mengandung *feldspar ortoklas*, *feldspar plagioklas*, dan *mika (muskovit)* yang semuanya dapat disebut *complex alumunium silicates* (Bowles, J.E, 1986). Tetapi menurut Gimm (1968), mineral lempung dapat terbentuk dari hampir semua batuan selama terdapat cukup banyak alkali dan tanah alkalin untuk dapat membuat terjadinya reaksi kimia.

Umunya terdapat kira-kira 15 macam mineral yang diklasifikasikan sebagai mineral lempung (Kerr,1959), diantaranya terdiri dari kelompok-kelompok : *montmorillonite*, *illite*, *kaolinite*, dan *bentonite*. Selain itu ada kelompok lain yang perlu diketahui ,yaitu *chlorite*, *vermiculite* dan *hallosyte*. Beberapa mineral lempung yang bersifat kristalin dan biasa terdapat dialam serta sering kita jumpai adalah :

- *Kaolinite*

Kaolinite merupakan mineral lempung paling tidak aktif yang pernah diamati. *Kaolinite* dapat dihasilkan oleh pelapukan dari beberapa mineral lempung yang lebih aktif atau dapat juga terbentuk langsung dari produk samping pelapukan batuan..*Kaolinite* mempunyai rumus kimia :



Kaolinite yang berukuran koloidal ini membentuk struktur yang mempunyai satu lapis silicate dengan kapasitas pertukaran ion 0.1 mequiv/garm. *Kaolinite* biasanya didapatkan didaerah-daerah dengan curah hujan tinggi.

- *Illite*

Illite diturunkan dari *muscovite* (mika) dan *biotitte* yang terkadang disebut sebagai lempung mika. *Illite* mempunyai rumus kimia :

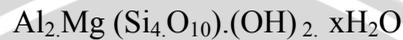


nilai y bervariasi anatar 1.0-1.5. Mineral lempung *illite* terdiri dari lapisan octahedral dari gipsit yang terletak diantara dua lapisan tetrahedral silica,mempunyai kapasitas pertukaran ion 0.4 mequiv/gram dan umumnya terdapat pada bhatuan serpih. *Illite* mempunyai sifat ekspansivitas / pengembangan yanag lebih besar dari *kaolinite* akan tetapi masih lebih rendah daripada *montmorillonite*

yang merupakan kelompok *smectite*. Lempung *illite* biasanya terdapat pada daerah-daerah dengan curah hujan sedang.

- *Montmorillonite*

Montmorillonite disebut juga dengan *smectite* yang terbentuk pada daerah dengan curah hujan yang rendah. *Montmorillonite* mempunyai rumus kimia :



Mineral *montmorillonite* mempunyai ukuran yang lebih halus dibandingkan *Illite* dan *kaolinite* berbentuk pipih dengan tebal 0.001 micron dan panjang 0.003 micron. Ukuran yang sangat halus bersifat plastis dan sangat aktif. Mineral *montmorillonite* mempunyai kapasitas pertukaran ion 0.8-1.5 mequiv/gram. Tanah-tanah yang mengandung *montmorillonite* sangat mudah mengembang akibat peningkatan kadar air sehingga tekanan pengembangan yang dihasilkan dapat merusak struktur ringan dan perkerasan jalan raya.

- *Bentonite*

Bentonite merupakan lempung *montmorillonite* yang dijumpai didalam deposit vulkanis yang telah mengalami pelapukan sebagian. Mineral lempung ini sangat aktif dalam mengembang apabila terdapat air dan sangat banyak dipergunakan dalam pemboran sumur-sumur minyak serta dalam eksplorasi tanah sebagai suatu Lumpur untuk pemboran dan sebagai suatu penutup (*grout*) dari lempung. *Bentonite* ini bervariasi dalam sifat-sifatnya tergantung pada sumber dan jumlah dalam pelapukan material vulkanis utamanya.

2.2 Stabilisasi Tanah Lempung

Apabila suatu tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan atau apabila tanah tersebut mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, mempunyai permeabilitas yang tinggi atau mempunyai sifat lain yang tidak diinginkan

sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan maka tanah tersebut harus diperbaiki salah satunya dengan proses stabilisasi. Proses stabilisasi tanah terdiri dari salah satu tindakan berikut :

- Menambah kerapatan tanah
- Menambah material yang tidak aktif sehingga mempertinggi kohesi dan/atau tahanan geser yang timbul
- Menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisis dari material tanah
- Merendahkan muka air tanah (drainase tanah)
- Mengganti tanah-tanah yang buruk.

Stabilisasi tanah merupakan suatu usaha untuk mengurangi sifat-sifat buruk tanah serta meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah. Menurut Bowles, J.E (1986) stabilisasi dilapangan dapat terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan-pekerjaan :

1) Secara mekanis

Stabilisasi tanah secara mekanis dapat dilakukan dengan proses pemadatan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (roller), benda-benda berat yang dijatuhkan, eksplosif, tekanan statis, tekstur, pembekuan, pemanasan dan sebagainya.

2) penambahan bahan pencampur (*additives*)

bahan-bahan pencampur yang digunakan untuk stabilisasi tanah bermacam-macam tergantung dari jenis tanah yang akan distabilisasi yaitu :

- untuk jenis tanah kohesif, digunakan kerikil sebagai bahan stabilisasi. Dilapangan stabilisasi jenis ini bisa dilihat dari penambahan lapisan kerikil pada permukaan jalan lempung tanpa perkerasan. Lalu lintas akan terus menekan kerikil ketanah bagian

bawah, penambahan kerikil secara periodik akan menggantikan kerikil yang tertekan ke bagian samping jalan. Stabilisasi jenis ini dapat memperbesar tahanan geser dari tanah.

- Untuk jenis tanah berbutir kasar, digunakan campuran lempung-pasir sebagai bahan stabilisasi. Dilapangan stabilisasi jenis ini bisa dilihat dari penambahan bahan pencampur lempung-pasir pada permukaan jalan kerikil yang dapat mencegah perpindahan atau terbuangnya kerikil pada saat jalan tersebut dilalui lalu lintas. Stabilisasi jenis ini dapat memperbesar kohesi tanah.
- Untuk jenis tanah yang mempunyai sifat buruk dan perlu perbaikan digunakan bahan pencampur kimiawi seperti semen Portland, gamping, abu batubara, semen aspal, kalsium klorida, limbah-limbah pabrik kertas, sodium silikat, polifosfat dan lain sebagainya. Dilapangan, stabilisasi jenis ini bisa dilihat dengan melakukan penggalian tanah pada kedalaman tertentu dan mencampur tanah yang digali tersebut dengan bahan-bahan stabilisasi pada kadar air yang telah disesuaikan. Tanah yang distabilkan itu dicampur dan dipadatkan dengan mesin gilas sehingga menghasilkan suatu beton bergradasi rendah. Stabilisasi jenis ini dapat mengurangi sifat plastisitas tanah.

Pada kenyataannya dilapangan, ada tiga metode pencampuran bahan stabilisasi dengan tanah yaitu :

- Metode pencampuran terpusat, yaitu tanah dicampur dengan bahan stabilisasi pada suatu tempat kemudian diangkut ke tempat pekerjaan. Untuk metode ini diperlukan mesin pencampur.

- Metode pencampuran dalam galian, yaitu bahan stabilisasi dicampur dengan tanah pada lubang galian tanah kemudian diangkut ketempat pekerjaan. Bahan stabilisasi dapat dipancarkan kedalam tanah dalam bentuk tiang kemudian digali bersama-sama dan dicampur atau dapat juga ditaburkan diatas tanah sehingga proses penggalian terjadi pencampuran.
- Metode pencampuran ditempat pekerjaan,yaitu tanah dihamparkan ditempat pekerjaan kemudian ditaburi bahan stabilisasi dan dicampur atau dapat juga dengan menggali tanah yang akan distabilisasi kemudian mencampur tanah tersebut dengan bahan stabilisasi.

2.2.1 Stabilisasi Tanah Lempung dengan Limbah Hancuran Dinding

2.2.1.1 Dinding dan Komposisinya

Dinding merupakan bagian dari suatu struktur bangunan yang berbentuk vertical dan mempunyai peranan penting untuk melingkungi, membagi, ataupun melindungi suatu kerangka bangunan. Didaerah tropis dinding harus memenuhi berbagai fungsi diantaranya adalah :

- membagi ruang yang luas atas ruang yang ukurannya lebih nyaman
- mencegah masuknya debu atau air hujan dan sekaligus memungkinkan pengudaraan ruang dalam
- menyediakan tempat teduh, sega, dan nyaman serta memberi kebebasan dan perlindungan bagi penghuni.

Selain memenuhi kebutuhan atau fungsi diatas dinding juga dapat berfungsi menerima beban dari konstruksi lantai atas atau atap dan menyalurkan beban itu kepada sloof dan pondasi. Perlu diperhatikan bahwa dinding diluar gedung akan terkena pengaruh

cuaca sedangkan yang dalam tidak. Menurut jenis bahan dan tebalnya, dinding dapat dikategorikan menjadi :

- 1) dinding batu alam, tebalnya antara 20-40 cm
- 2) dinding beton, tebalnya antara 10-25 cm
- 3) dinding batu bata, tebalnya antara 10-30 cm
- 4) dinding kayu, tebalnya antara 2.5-5 cm

dinding yang umum digunakan diindonesia adalah dinding batu bata. Dinding batu bata terbentuk dari dua macam bahan yaitu beton ringan dan batu bata (batu merah). Beton ringan dibuat dari campuran kapur, semen, pasir dan air sebagai bahan pereaksi campuran. Dalam kaitanya dengan perbaikan tanah, dinding mengandung bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai bahn stabilisasi tanah yang mempunyai sifat buruk dan perlu perbaikan, yaitu kapur, semen, batu bata (bata merah), dan pasir. Sebelum digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah, dinding yang telah hancur dan sydah tidak terpakai (limbah hancuran dinding) dihaluskan dengan maksud agar lebih mudah dalam proses pencampuran dengan tanah yang akan distabilisasi dan mempercepat proses pengikatan dengan tanah tersebut. Dari penelitian sebelumnya dapt diketahui bahwa bahan-bahan pembentuk dinding yang tersebut diatas dapat meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah khususnyan lempung.

2.3 Kapur

Kapur merupakan salah satu bahan stabilisasi tanah yang paling lama dan umum digunakan. Kapur biasanya sering digunakan dalam bentuk tepung atau butiran dan hamper tidak pernah digunakan dalam bentuk campuran berair, kecuali dalam keadaan tertentu. Secara garis besar stabilisasi tanah dengan kapur akan menaikkan kekuatan, kekakuan, dan ketahanan dari tanah-tanah berbutir halus. Penambahan kapur pada tanah akan menghasilakn kepadatan maksimum yang lebih rendah dan kadar air optimum yang lebih

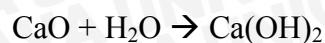
tinggi daripada tanah yang tidak distabilisasi dengan kapur. Penambahan kapur juga dapat menghasilkan penurunan indeks plastisitas dari suatu tanah lempung.

Stabilisasi dengan kapur telah secara luas digunakan untuk menurunkan potensi pengembangan dan tekanan pengembangan pada tanah lempung. Penambahan kapur menghasilkan konsentrasi ion-ion kalsium yang tinggi dalam lapis ganda sekeliling partikel lempung sehingga mengurangi tarikan bagi air. Biasanya kekuatannya lempung basah dapat menaikkan apabila ditambahkan kapur dalam jumlah yang tepat. Kenaikan kekuatan ini diakibatkan sebagian oleh penurunan sifat-sifat plastis dari tanah lempung dan sebagian oleh reaksi pozzolanis dari kapur dengan tanah yang menghasilkan bahan tersemen yang kenaikan kekuatannya dipengaruhi oleh waktu. Pada umumnya tanah lempung yang distabilisasi dengan kapur akan mempunyai kekuatan yang lebih besar dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada tanah lempung yang tidak distabilisasi dengan kapur.

Berdasarkan penggunaannya sebagai bahan bangunan, kapur dibagi dalam 2 macam yaitu kapur pemutih dan kapur aduk. Berbagai jenis kapur yang sering dijumpai adalah :

- CaCO_3 (Kalsium Karbonat atau kapur Kalsiat)
- Ca(OH)_2 (Kalsium Hidroksida atau Kapur Hidrat)
- CaO (Kalsium Oksida atau Kapur Bakar)
- $\text{CaMg(CO}_3)_2$ (Kalsium Magnesium Karbonat atau Kapur Dolomit)

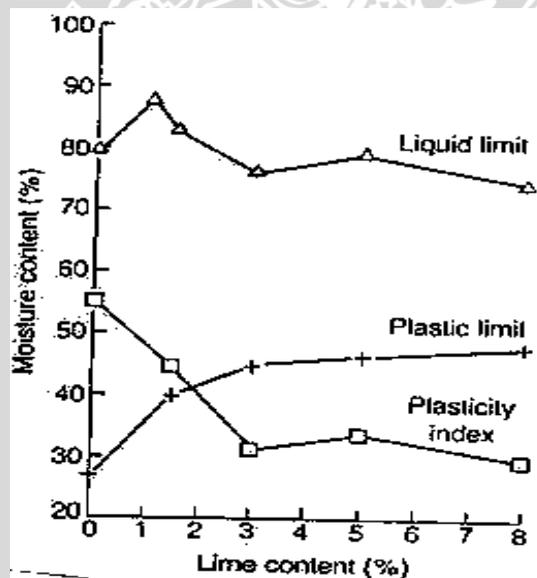
Adapun kapur yang digunakan sebagai bahan stabilisasi adalah kapur hidrat. Pembentukan kalsium hidroksida atau kapur hidrat ini terjadi apabila kapur baker (CaO) mengikat air (H_2O). reaksi tersebut dapat ditunjukkan sebagai berikut :



Reaksi pengapuran yang terjadi dalam tanah sangat kompleks, tergantung komposisi kimia tanah yang bereaksi dengan kapur tersebut. Reaksi kapur dengan tanah menentukan

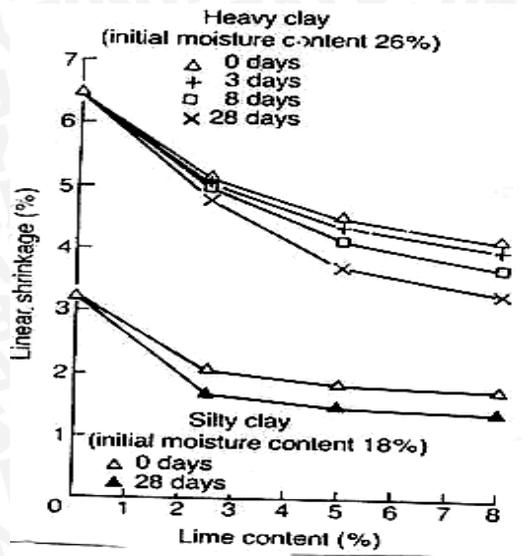
banyaknya kapur yang diperlukan untuk bahan stabilisasi tanah. Beberapa penelitian yang menggunakan kapur sebagai bahan stabilisasi tanah telah banyak dilakukan dengan maksud mengetahui pengaruh kapur sebagai usaha perbaikan tanah.

Penambahan kapur pada tanah lempung menyebabkan penurunan indeks plastisitas tanah lempung tersebut yaitu menaikkan batas plastis dan menurunkan batas cair (Bell, F.G, 1993). Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh *US Bureau of Reclamation* didapatkan hasil bahwa penambahan kadar kapur 4% akan menurunkan indeks plastisitas lempung dari 47% menjadi 12% dan menambah batas susut dari 7% menjadi 26% (Anon, 1975). Dengan menambahkan beragam kadar kapur terhadap kadar air dan waktu perawatan maka diperoleh hasil yang menunjukkan pengaruh yang besar pada penyusutan linier, batas cair, batas plastis dan nilai indeks plastisitas tanah lempung (gambar 2.1 dan 2.2)



Gambar 2.1 Pengaruh penambahan kapur terhadap batas plastis, batas cair dan indeks plastisitas pada tanah lempung yang memiliki plastisitas tinggi

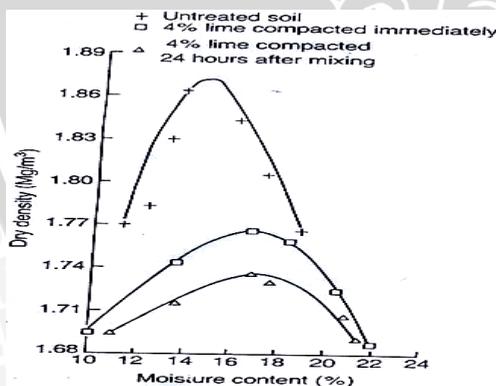
Sumber : F.G.Bell, 1993 : 254



Gambar 2.2 Pengaruh penambahan kapur terhadap linear shrinkage pada tanah heavy dan silty clay.

Sumber : F.G.Bell, 1993 : 254

Penambahan kapur juga berpengaruh terhadap kadar air optimum dan berat kering maksimum tanah (Bell,F.G, 1993). Dengan penambahan kadar kapur dapat meningkatkan kadar air optimum dan menurunkan berat kering maksimum tanah (gambar 2.3)

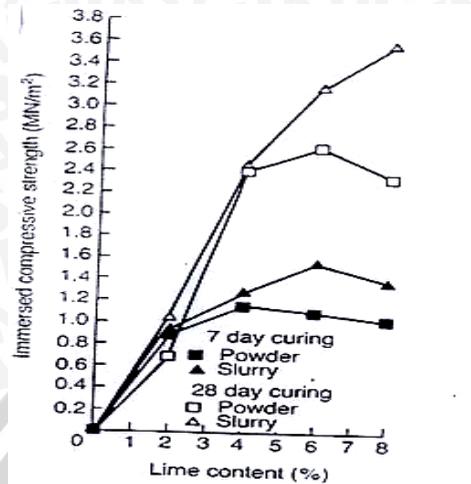


Gambar 2.3 Pengaruh penambahan kapur terhadap kadar air dan berat kering tanah lempung

Sumber : F.G.Bell, 1993 :255

Suatu tanah lempung yang telah distabilisasi dengan kadar kapur yang rendah akan mencapai kekuatan maksimum dalam waktu yang lebih singkat bila dibandingkan pada tanah lempung yang distabilisasi dengan kadar kapur yng tinggi. Kekuatan tanah tidak meningkat secara linier terhadap kadar kapur, karena pada dasarnya penambahan kapur

pada kadar yang berlebihan akan mengurangi kekuatan tanah lempung itu sendiri. Penurunan kekuatan tanah lempung tersebut disebabkan karena kapur tidak mempunyai nilai kohesi dan friksi (gambar 2.4).

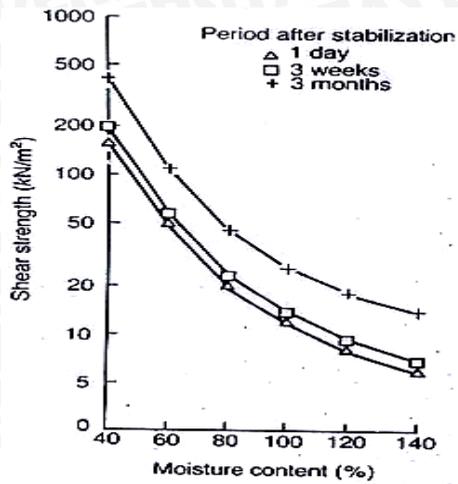


Gambar 2.4 Pengaruh penambahan kapur dalam bentuk *slurry* dan *powder* pada tanah lempung terhadap kekuatan tanah

Sumber : Sumber : F.G.Bell, 1993 : 256

Waktu perawatan merupakan factor lain yang dapat mempengaruhi kekuatan tanah lempung yang telah distabilisasi dengan kapur. Temperature dapat mempengaruhi waktu perawatan karena temperature yang tinggi akan mempercepat waktu perawatan sehingga dapat menaikkan kekuatan tanah lempung yang distabilisasi dengan kapur. Kekuatan tekan bebas (*unconfined compressive strength*) tanah lempung akan meningkat dengan adanya variasi kadar kapur, temperature dan waktu perawatan

Penambahan kapur pada tanah lempung serta variasi kadar air yang diberikan juga dapat mempengaruhi kuat geser tanah lempung (gambar 2.5)



Gambar 2.5 Pengaruh penambahan kadar kapur 4% terhadap kekuatan geser tanah lempung dengan variasi kadar air

Sumber : Sumber : F.G.Bell, 1993 : 256

2.3 Semen

Semen merupakan bahan stabilisasi tanah yang umum digunakan karena :

- semen merupakan bahan bangunan umum yang pengadaan dan distribusinya relative mudah dan baik serta merupakan salah satu material aktif yang dapat menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisis dalam tanah.
- Semen merupakan suatu bahan pengikat hidrolis, dapat mengeras apabila bereaksi dengan air sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah.
- Penggunaan semen secara umum lebih mudah dalam pengerjaan dan perawatan dibandingkan metode stabilisasi dengan menggunakan bahan campuran lainnya.
- Pada kondisi yang tepat hamper semua jenis tanah dapat distabilisasi dengan semen.

Tabel 2.2 jenis-jenis semen

Jenis semen	
No SNI	Nama
SNI 15-0129-2004	Semen Portland
SNI 15-0302-2004	Semen Portland pozzolan/portland pozzolan cement (PPC)
SNI 15-2049-2004	Semen Portland / Ordinary Portland Cement (OPC)
SNI 15-3500-2004	Semen Portland campur
SNI 15-3758-2004	Semen masonry
SNI 15-7064-2004	Semen Portland komposit

Sumber : http://id.wikipedia.org/wiki/semen*

Hampir semua jenis semen dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah, akan tetapi secara umum, yang sering digunakan adalah semen Portland pozzolan. Semen Portland Pozzolan ada beberapa tipe, akan tetapi yang sering digunakan untuk bahan bangunan umum tanpa persyaratan khusus adalah Semen Portland Pozzolan tipe I. Semen Portland Pozzolan tipe I merupakan semen hidrolis yaitu suatu bahan pengikat yang akan mengalami proses pengerasan apabila bereaksi dengan air. Pada Semen Portland Pozzolan terdapat tiga komponen utama yaitu kapur, silica, dan alumina. Sebagai pelengkap terdapat bahan tambahan berupa oksida nesi, magnesium, belerang, dan sejumlah kecil alkali.

Campuran antara semen dan tanah akan membentuk suatu tanah semen. Mitchell dan Freitag (1959) menguraikan tiga kategori semen tanah yaitu :

- 1) Tanah semen normal biasanya mengandung 5 sampai 14 % pada volume semen dan pada umumnya digunakan untuk menstabilisasikan tanah dengan plastisitas rendah dan tanah-tanah berpasir.
- 2) Tanah semen plastis mempunyai cukup air untuk menghasilkan konsistensi yang basah menyerupai adukan. Bahan ini sesuai untuk digunakan sebagai lapisan kedap air pada saluran dan untuk perlindungan erosi pada lereng-lereng curam dimana tidak dipergunakan alat-alat pembangunan jalan.

- 3) Tanah semen modifikasi adalah suatu campuran yang pada umumnya mengandung smen kurang dari 5 % pada volume smen. Bahan ini merupakan bahan yang kurang kokoh dibandingkan dengan yang lain,tetapi dapat digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat teknis dari tanah dan mengurangi kemampuan tanah untuk mengembang dan menarik air.

Table 2.3 sifat-sifat kekuatan dari campuran tanah semen

Sifat	Tanah granular	Tanah berbutir halus
Kuat tekan bebas (kN/m^2)	$(500-1000) \times$ kandungan semen dalam persen	$(300-600) \times$ kandungan semen dalam persen
Kohesi	$50+(0.255 \times$ kuat tekan bebas (kN/m^2))	$50+(0.255 \times$ kuat tekan bebas (kN/m^2))
Sudut geser dalam	40-45 derajat	30-40 derajat
Kuat lentur	$(1/5-1/3) \times$ kuat tekan bebas	$(1/5-1/3) \times$ kuat tekan bebas
Modulus (kompresi)	$7 \times 10^3 -35 \times 10^3$ (MN/m^2)	$7 \times 10^5 -7 \times 10^6$ (kN/m^2)
Angka poisson	0.1-0.2	0.15-0.35

Sumber :I.S.Dunn, L.R Anderson, F.W. Kiefer, 1980, dasar-dasar analisis geoteknis: 332

2.3 Batu Bata (Batu Merah)

Batu bata merupakan bahan bangunan alam yang mengalami perubahan transformasi secara sederhana. Bahan dasar dari batu bata adalah tanah liat. Tanah liat diindonesia kebanyakan dapat diambil dari permukaan tanah. Endapan tanah liat diindonesia sering terdapat dalam lapisan lain, sehingga pengambilannya harus dengan membuat sumur-sumur. Warna-warna yang ditemukan bermacam-macam yaitu merah coklat, coklat, abu-abu dan biru gelap tergantung dari oxid-oxid logam yang dikandungnya yaitu alumunium, besi, dan kalsium. Proses pembuatan batu bata ada dua cara yaitu :

- Dengan cara tradisional (industri rumah tangga)

Batu bata sebagai hasil indusrti rumah tangga biasanya dilakukan oleh rakyat pedesaan dibuat dengan menggunakan bahan-bahan dasar :

- ✓ Tanah liat (lempung) yang mengandung silika 50-70%
- ✓ Sekam padi atau serbuk gergaji kayu yang bermanfaat sebagai alas pencetakan supaya batu bata tidak melekat pada tanah.
- ✓ Kotoran binatang yang berfungsi untuk melunakan tanah dan dapat membantu proses pembakaran dengan memberikan panas yang lebih tinggi didalam batu merah serta amoniaknya berfungsi sebagai zat aseptis
- ✓ Air untuk merendam bahan-bahan yang telah dicampur
- ✓ Pasir atau semen merah, sebagai bahan tambahan menurut keperluan

Sebelum proses pembakaran, batu bata mentah yang telah dicetak diangin-anginkan selama $\pm 2-7$ hari. proses pembakaran dilakukan dengan suhu mencapai $\pm 800^{\circ}\text{C}$ selama 4-5 hari hingga batu bata menjadi kuat serta tahan terhadap air dan cuaca.

- Dengan cara mekanis

Pembuatan batu bata secara mekanis dilakukan diperusahaan-perusahaan batu bata. Bahan dasar berupa tanah liat yang mengandung pasir dicampur dengan air. Kemudian dilakukan proses pencetakan dengan mesin, kemudian dikeringkan dengan suhu $37-200^{\circ}\text{C}$ selama 24-48 jam dalam dapur pengeringan. Kemudian dilakukan proses pembakaran pada suhu 1000°C selama 24 jam dan selanjutnya didinginkan selama 46-72 jam sehingga batu bata menjadi sangat kuat dan tahan lama untuk digunakan sebagai bahan bangunan.

Pembuatan batu bata (batu merah) sebagai hasil industri rumah tangga atau perusahaan batu bata (batu merah) harus memenuhi syarat-syarat batu bata (batu merah) sebagai bahan bangunan. Batu bata harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang-bidang sisi harus datar, tidak menunjukkan retak-retak, tidak mudah hancur atau

patah dan perubahan bentuk yang berlebihan. Permukaan batu bata harus kasar dan warnanya merah seragam/merata.

Tabel 2.5 Ukuran Standar Panjang, Lebar, Dan Tebal Batu Bata

Ukuran	Jenis besar	Jenis kecil	Toleransi
Panjang	240 mm	230 mm	±3%, selisih ukuran terbesar dan terkecil maximum 10 mm
Lebar	115 mm	110 mm	±4%, selisih ukuran terbesar dan terkecil maximum 5 mm
Tebal	52 mm	50 mm	±5%, selisih ukuran terbesar dan terkecil maximum 4 mm

Sumber : Heinz Frick, Ch. Koesmartadi, 1999, Ilmu Bahan Bangunan : 86

Tabel 2.6 Kuat Tekan Standar Batu Bata

Mutu batu bata	Kuat tekan rata-rata
Tingkat I (tidak ada yang menyimpang)	> 10 N / mm ²
Tingkat II (satu buah dari sepuluh benda uji menyimpang)	10-8 N / mm ²
Tingkat III (dua buah dari sepuluh benda uji menyimpang)	8-6 N / mm ²

Sumber : Heinz Frick, Ch. Koesmartadi, 1999, Ilmu Bahan Bangunan : 86

Sebagai bahan stabilisasi tanah, batu bata merupakan bahan yang cukup murah dan mudah didapatkan. Batu bata yang telah dihancurkan dan dicampur dengan tanah yang akan distabilisasi dapat mengurangi sifat-sifat buruk tanah sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah.

2.3 Pasir

pasir merupakan tanah non kohesif yang mempunyai ukuran batas partikel 4.75 mm sampai dengan 0.075 mm. pada tanah non kohesif seperti pasir, gaya interaksi (kohesi) antar partikel butirannya sangat kecil (Lambe,1951), akan tetapi jika pasir tersebut lembab atau mengandung uap air, maka tegangan permukaan air akan memberikan kohesi

nyata yang akan menghilang bila bahan mongering atau menjadi jenuh. Perlawanan geser tanah non kohesif diperoleh dari gesekan dan keterkuncian antar butirannya.

Berdasarkan sifat agregatnya pasir dibedakan menjadi tiga bagian yaitu pasir lepas (*loose sand*), pasir sedang (*medium sand*), dan pasir padat (*dense sand*) Lambe (1951) menyatakan bahwa pada pasir padat gaya geser yang diperlukan untuk membebaskan keterkuncian antar butirannya lebih besar daripada yang diperlukan pada pasir lepas. Maka dari itu pasir padat menunukan kuat geser yang lebih tinggi daripada pasir lepas.

Pasir mengandung berbagai macam mineral tanah yaitu kalsit, gypsum, feldspar, atau campuran besi. Dalam kaitannya sebagai bahan perbaikan tanah pasir dapat dikombinasikan dengan lempung untuk menstabilisasikan tanah berbutir kasar. Dilapanagn stabilisasi jenis ini bisa dilihat dari penambahan bahan pencampur lempung-pasir pada permukaan jalan kerikil yang dapat mencegah perpindahan atau terbuangnya kerikil pada saat jalan tersebut dilalui lalu lintas. Stabilisasi jenis ini dapat memperbesar kohesi tanah apabila pasir dihancurkan sampai halus maka akan dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi untuk tanah-tanah kohesif seperti lempung. bubuk pasir akan menstabilisaikan tanah yang mempunyai sifat-sifatburuk sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah.

2.3 Lingkup Penelitian

2.3.1 Analisa Saring

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian ukuran butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar suatu tanah dengan menggunakan saringan. Analisa saring adalah menyaring dan menggetarkan contoh tanah melalui satu set saringan dimana lubang-lubang saringan tersebut makin kecil secara berurutan. Hasil dari pemeriksaan analisa saring umumnya digambarkan dalam kertas semilogaritmik yang dikenal sebagai

kurva distribusi ukuran butiran (*particle-size distribution curve*).diameter partikel (butiran) digambarkan dalam skala logaritmik dan persentase dari butiran yang lolos ayakan digambarkan dalam skala hitung biasa.

2.3.2 Analisa Hidrometer

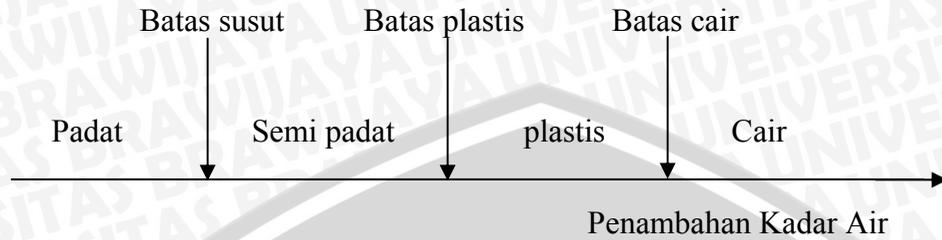
Analisa hydrometer didasarkan pada prinsip sedimentasi (pengendapan) butiran tanah dalam suatu larutan. Bila suatu contoh tanah dilarutkan dalam air, partikel-partikel tanah akan mengendap dengan kecepatan yang berbeda-beda. Kecepatan mengendap tiap partikel tanah tergantung pada ukuran dan berat partikel tanah tersebut. Partikel tanah yang mempunyai ukuran dan berat yang lebih besar akan mengendap lebih dahulu daripada partikel tanah dengan ukuran dan berat yang lebih kecil. Analisa hidrometer ini dilakukan untuk menentukan gradasi atau pembagian ukuran butiran tanah yang lolos saringan no 200. dari analisa hydrometer dapat diketahui persentase kandungan lempung (*clay content*) yang terdapat dalam suatu contoh tanah.

2.3.3 Batas-batas Atterberg

Adanya partikel mineral lempung dalam tanah berbutir halus menyebabkan sifat plastisitas pada tanah tersebut. Plastisitas merupakan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa menimbulkan retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap disekeliling permukaan partikel lempung. Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair plastis, semi padat, dan padat. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi.

Metode Atterberg merupakan metoda untuk menjelaskan sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Metoda ini menggambarkan batas-batas konsistensi tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar airnya.

Batas-batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), dan batas susut (*shrinkage limit*). (gambar 2.6)



Gambar 2.6 Batas-Batas Atterberg

Sumber : Hary Christady H, 1992 : 35

a) Batas Cair (*liquid limit*)

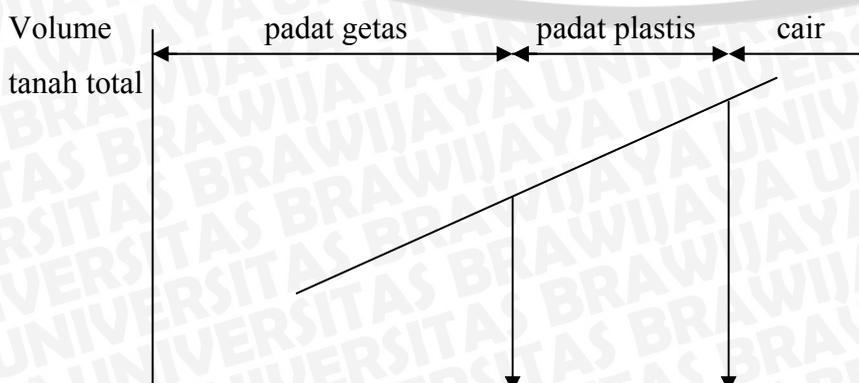
Didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis. Batas cair biasanya ditentukan dari pengujian Casagrande dan didefinisikan sebagai kadar air pada saat 25 pukulan. Yaitu kadar air yang diperlukan untuk menutup celah tanah didalam cawan, yang dipisahkan oleh alat *grooving tool* dan melalui penggetaran, pada saat 25 pukulan.

b) Batas Plastis (*plastic limit*)

Didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat yaitu presentase kadar air dimana tanah dengan diameter 3.2 mm mulai retak-retak ketika digulung.

c) Batas Susut (*shrinkage limit*).

Didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi padat dan padat yaitu presentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah.





Gambar 2.7 Variasi Volume Dan Kadar Air Pada Kedudukan Batas Cair, Batas Plastis, Dan Batas Susut.

Sumber : Hary Christady H,1992, Mekanika Tanah I: 37

Selisih antara batas cair dan batas plastis disebut sebagai indeks plastisitas (*Plasticity Index*). Indeks plastisitas merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis sehingga dapat menunjukkan sifat keplastisan dari tanah. Jika tanah mempunyai indeks plastisitas yang tinggi, maka tanah tersebut mengandung banyak butiran lempung. Jika indeks plastisitas rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh Atterberg seperti yang terdapat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Batasan-Batasan Menurut Atterberg

Indeks Plastisitas	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
< 7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7-17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
> 17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber : Hary Christady H,1992, Mekanika Tanah I : 38

2.3.4 Berat Jenis (Specific Gravity)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis tanah yang mempunyai butiran lewat saringan No 4 dengan picnometer. Berat jenis tanah adalah perbandingan antar berat butir tanah dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Untuk mendapatkan nilai berat jenis tanah dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$G_s = \frac{G_t \cdot W_s}{W_s - W_1 + W_2} \quad (2.1)$$

Dimana : G_t = berat jenis air pada suhu $t^\circ C$

W_s = berat tanah (gram)

W1 = berat picnometer + air + tanah

W2 = berat picnometer + air + tanah pada suhu t°

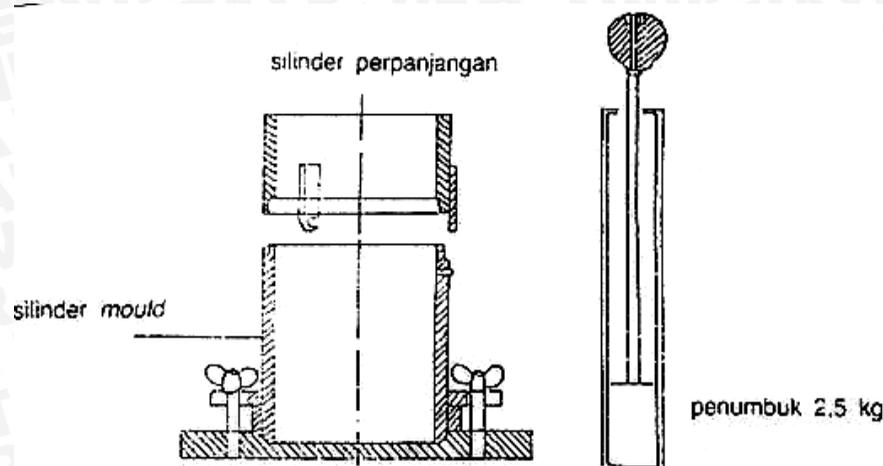
2.3.5 Pemadatan Standar (Standar Proctor)

Pemadatan tanah sering dilakukan dalam pelaksanaan konstruksi bangunan .pemadatan tersebut berfungsi untuk memperbaiki sifat-sifat teknis tanah (stabilisasi tanah), yaitu mempertinggi kuat geser tanah, mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas), mengurangi permeabilitas, dan mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan daya dukung tanah.

Pemeriksaan kepadatan tanah dilaboratorium telah dikembangkan pada tahun 1930-an oleh Proctor (1933). Proctor menerapkan dua cara macam pemadatan yaitu pemadatan secara standar (*Standar Proctor compaction test*) dan pemadatan yang dimodifikasi (*Modified Proctor Compaction Test*). dalam penelitian kali ini digunakan metode pemadatan secara standar. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan berat visi kering tanah yang selanjutnya diperoleh satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume keringnya. Hubungan berat volume kering (γ_d) dengan berat volume basah (γ_b) dan kadar air (w) dinyatakan dalam persamaan :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w} \quad (2.2)$$

Berat volume tanah kerimng setelah pemadatan bergantung pada jenis tanah, kadar air dan usaha yang diberikan oleh alat pemadatnya. Pemeriksaan pemadatan tanah secara standar dikerjakan dengan peralatan yang telah dibakukan oleh AASHTO (T-99-74) dan ASTM (D 698-70). Alat pemadat berupa silinder *mould* yang berukuran tertentu dengan menggunakan sebuah penumbuk dengan berat 5.5 lbs (2.5 kg) dan tinggi jatuh 12 inci (30.5 cm).



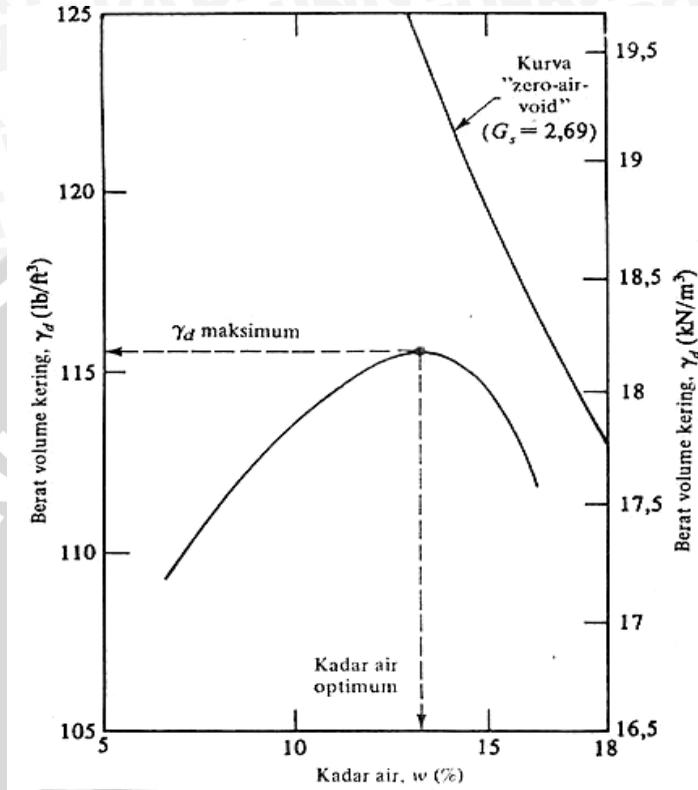
Gambar 2.8 Alat Pengujian Proctor

Sumber : Hary Christady H, Mekanika Tanah I: 61

Tanah yang telah dipadatkan biasanya diambil langsung dari lapangan berupa gumpalan tanah yang telah diremas dengan tangan hingga hancur, dikeringkan diudara dan disaring dengan saringan No 4 atau bisa juga merupakan tanah yang telah distabilisasi dengan bahan-bahan tertentu. Tanah dipadatkan dalam tiga lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali pukulan (tanah dengan diameter > 20 mm lebih dulu disingkirkan). Dalam pengujian pemadatan, percobaan diulang paling sedikit 5 kali dengan kadar air tiap percobaan divariasikan. Kadar air pada berat volume kering maksimum disebut kadar air optimum (*optimum moisture content*). Untuk kebanyakan tanah, pada nilai kadar air rendah akan menyebabkan tanah cenderung kaku dan sulit dipadatkan. Setelah kadar air ditambah, tanah menjadi lebih lunak dan berat volume keringnya menjadi berkurang. Bila seluruh udara didalam tanah dapat dipaksa keluar pada waktu pemadatan, tanah akan berada dalam kondisi jenuh dan nilai berat volume kering akan mencapai maksimum, akan tetapi dilapangan kondisi ini sangat sulit dicapai. Sebuah garis angka pori nol (*zero air void*) dapat digambarkan dan selalu berada diatas kurva pemadatan apabila nilai G_s yang benar telah dipergunakan (gambar 2.10). garis *zero air void* (ZAV) menunjukkan berat volume ketika kejenuhan (*saturation*) adalah 100 persen

(S = 100) yang dapat dihitung dengan persamaan :

$$\gamma_{ZAV} = \frac{G_s \cdot \gamma_w}{1 + w \cdot G_s} \quad (2.3)$$



Gambar 2.9 Hasil Uji Pemadatan Proctor Standar Untuk Lempung Berlanau

Sumber : Braja M. Das, 1991, Mekanika Tanah 1 : 238

Energi pemadatan (usaha pemadatan) yang digunakan didapat dari persamaan berikut :

$$\left[\begin{matrix} \text{jumlah} \\ \text{pukulan} \\ \text{per lapis} \end{matrix} \right] \times \left[\begin{matrix} \text{jumlah} \\ \text{pukulan} \end{matrix} \right] \times \left[\begin{matrix} \text{berat} \\ \text{hammer} \end{matrix} \right] \times \left[\begin{matrix} \text{tinggi} \\ \text{jatuh} \\ \text{hammer} \end{matrix} \right] = \text{Energi pemadatan (2-4)}$$

Volume cetakan

2.3.6 CBR (California bearing ratio)

Cara CBR ini dikembangkan oleh California State Highway Departement sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (subgrade).

Uji CBR dimaksudkan untuk menentukan daya dukung tanah dasar baik berupa tanah asli, tanah timbunan atau tanah galian pada konstruksi jalan baru yang dinyatakan dengan nilai CBR pada tanah yang dipadatkan dalam kadar air tertentu sampai mencapai kepadatan 95% kepadatan maksimum.

CBR (*California bearing ratio*) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan terhadap beban standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR 100% dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Dengan kata lain CBR merupakan perbandingan antara beban yang diperlukan untuk penetrasi dari contoh tanah dasar sebesar 0.1 inchi (0.2 inchi) dengan beban yang diperlukan untuk penetrasi batu pecah standar juga sebesar 0.1 inchi (0.2 inchi) yang dinyatakan dalam persen(%)

Peningkatan daya dukung tanah setelah dilakukan stabilisasi dapat dilihat dengan adanya peningkatan nilai CBR tanah tersebut. Besarnya nilai CBR dapat dinyatakan menurut perhitungan sebagai berikut :

$$CBR_{0.1} = \frac{\text{Pembacaan beban penetrasi 0.1''}}{\text{Beban standar}} \times 100 \% = a \% \quad (2.7)$$

$$CBR_{0.2} = \frac{\text{Pembacaan beban penetrasi 0.2''}}{\text{Beban standar}} \times 100 \% = b \% \quad (2.8)$$

Dari kedua nilai CBR diatas kita ambil yang terbesar sebagai dasar untuk menentukan daya dukung tanah dasar.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Waktu penelitian dimulai pada bulan September 2005 sampai dengan selesai.

3.2 Benda Uji

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah lempung yang terdapat di lingkungan Brawijaya pada kedalaman 1-2 meter. Pembuatan benda uji dilakukan dengan cara memadatkan tanah lempung pada kondisi kadar air optimum (OMC) di dalam cetakan alat pemadatan standart yang terbagi menjadi 3 lapisan dan dengan menggunakan energi pemadatan 10, 25, dan 56 pukulan untuk tiap lapisan. Tanah lempung yang dipadatkan secara standart merupakan tanah lempung yang telah distabilisasi dengan menggunakan limbah hancuran dinding sebesar 0%, 3%, dan 6%, pada kadar air optimum serta dengan berbagai variasi waktu perawatan, yaitu 0, 7, dan 14 hari.

3.3 Peralatan Penelitian

Pada penelitian ini digunakan peralatan yang tersedia di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, antara lain :

- Pemeriksaan kadar air
 - cawan, oven, timbangan
- Pemeriksaan berat jenis tanah
 - labu ukur, thermometer, pipet, kompor listrik, timbangan, gelas kimia.
- Analisa saringan dan hidrometer
 - satu set ayakan dan mesin penggetar, sikat, timbangan, alat hydrometer, tabung, stopwatch, cawan, dan open.
- Pemeriksaan batas cair dan batas plastis
 - alat cassagrande, spatula, grooving tool, kaca, timbangan, cawan, oven.
- Pemeriksaan kepadatan dan CBR
 - cetakan (mould), alat penumbuk, ekstruder, timbangan, mesin penetrasi, mould keping beban, arloji, beban, penetrasi stopwatch, cawan, oven.

3.4 Metode Penelitian

Adapun metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

- a) Pemeriksaan batas cair mengikuti AASHTO T-89-74 dan ASTM D-423-74
- b) Pemeriksaan batas plastis mengikuti AASHTO T-90-74 dan ASTM D 424-74
- c) Pemeriksaan berat jenis tanah mengikuti AASHTO T-100-74 dan ASTM D-854-58
- d) Pemeriksaan kepadatan standart mengikuti AASHTO T-99-74 dan ASTM D-698-78
- e) Pemeriksaan CBR rendaman dan CBR tanpa rendaman.

3.5 Pengumpulan dan Pengambilan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan melaksanakan penelitian-penelitian yaitu batas cair, batas plastis, berat jenis tanah, uji pemadatan standart dan uji CBR. Sedangkan pengambilan data dilakukan dengan cara mencatat semua hasil yang diperoleh dari masing-masing penelitian yang telah dilakukan.

3.6 Tatacara pengambilan sampel

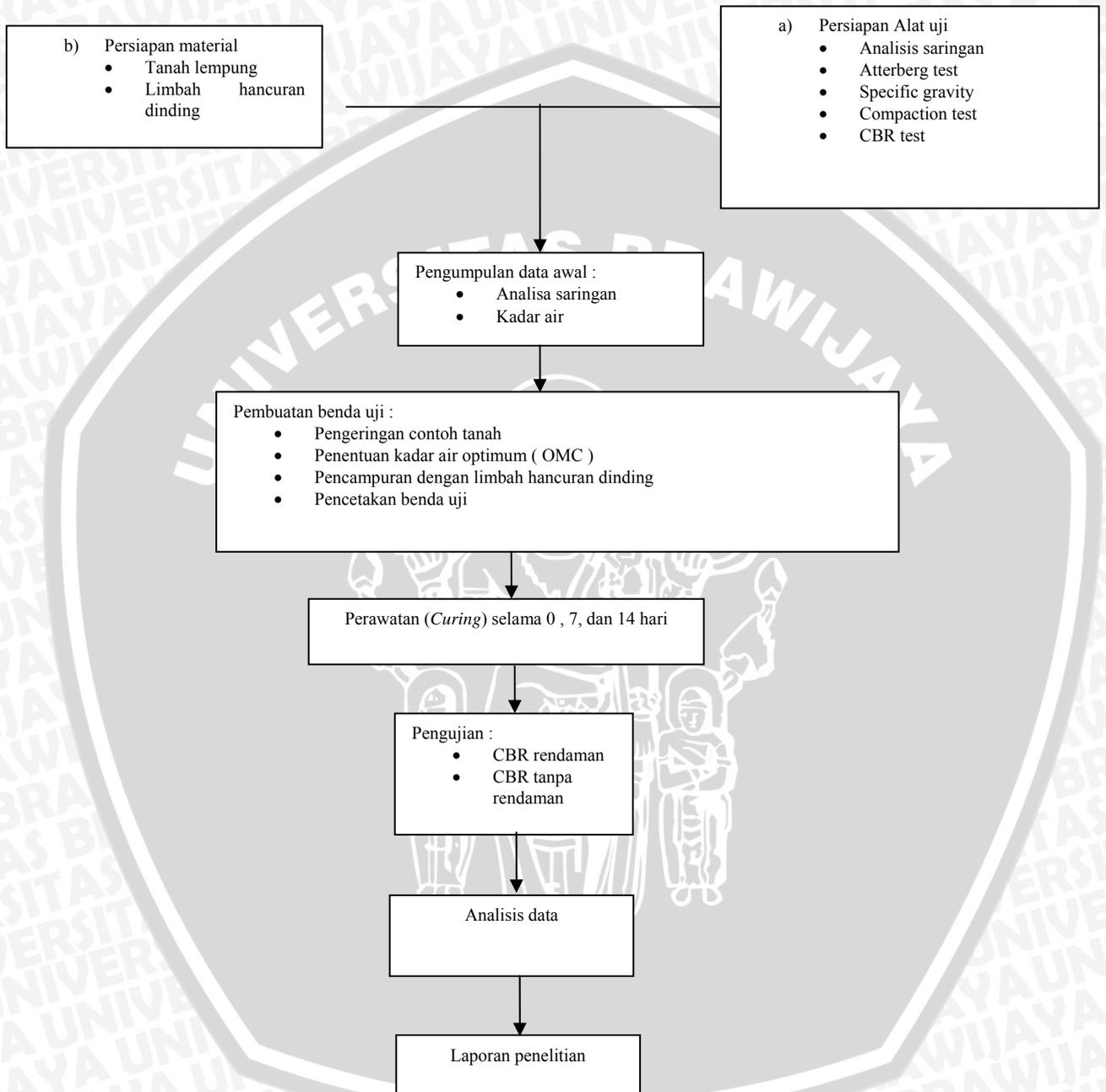
Pengambilan sampel dilakukan didaerah universitas brawijaya dengan menggunakan alat bor tangan dengan mengambil sampel pada kedalaman 2 meter dan 0.2 m dimana tiap kedalaman 20 cm bor dicabut. Dengan menggunakan tabung sampel berupa tabung silinder tanah diambil dengan mengambil sampel tiap kedalaman 1 meter, diambil dengan tabung silinder agar tanah tidak terpengaruh baik struktur maupun kadar airnya.

3.7 Pengolahan Data

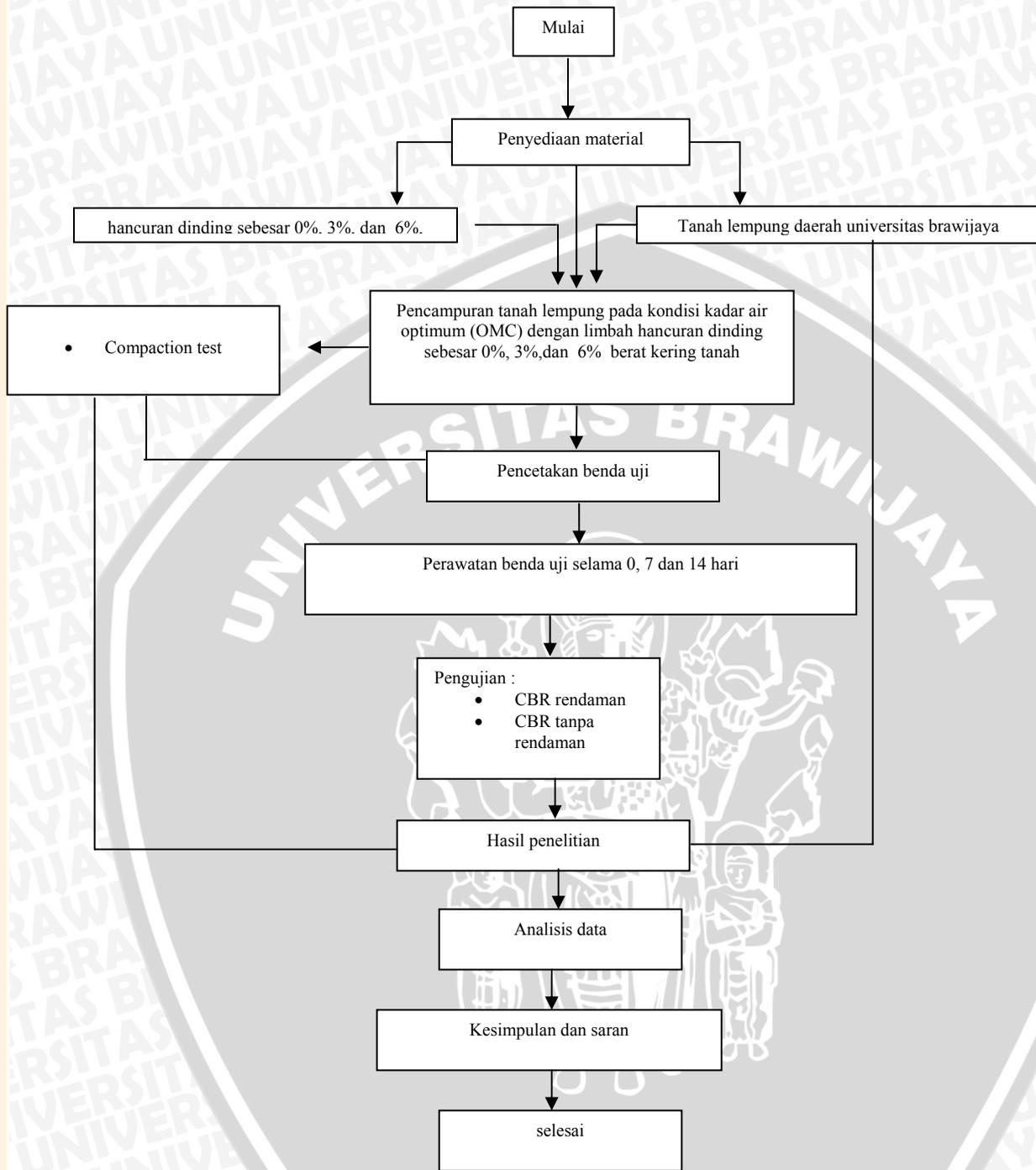
Dari proses pengumpulan dan pengambilan data didapatkan data-data yang selanjutnya akan diolah dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah ada dan dengan metode-metode yang telah ditentukan. Dari data itu nantinya akan dibuat grafik untuk mendapatkan nilai-nilai dari parameter-parameter tanah lempung setelah distabilisasi dengan limbah hancuran dinding dengan berbagai variasi waktu perawatan

3.8 Bagan kegiatan penelitian

Gambaran mengenai kegiatan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada bagan dibawah ini :



3.9 Diagram alir penelitian



3.10 Rancangan Percobaan

Pada percobaan ini ditekankan adanya penambahan limbah hancuran dinding pada tanah lempung Brawijaya dengan berbagai variasi waktu perawatan dan bagaimana pengaruhnya terhadap nilai CBR., pada tanah lempung Brawijaya tersebut. Nilai kadar air optimum (OMC) yang diperoleh dari uji pemadatan standart untuk masing-masing komposisi campuran akan digunakan sebagai standart penambahan air dalam campuran tersebut. Dalam penelitian ini, satu macam komposisi campuran tanah asli dan limbah hancuran dinding akan mendapat empat macam perlakuan berdasarkan waktu perawatan, yaitu 0, 7, dan 14 hari.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah persen penambahan limbah hancuran dinding dan variasi waktu perawatan pada setiap perlakuan yang dapat dilihat pada tabel rancangan percobaan. Sedangkan untuk variabel terikat yang diamati adalah kadar air optimum, berat kering, nilai batas-batas atterberg, berat jenis, dan nilai uji CBR (tanpa perendaman) pada masing-masing komposisi campuran. Untuk pembanding, digunakan tanah asli tanpa campuran limbah hancuran dinding sebagai bahan stabilisasi.

3.11 Metode Analisis Data

Pengolahan dan analisis data menggunakan teknik statistik. Pada uji statistik digunakan metode analisis varian dua arah dan analisis regresi. Analisis varian dua arah diharapkan dapat memberikan gambaran ada atau tidaknya pengaruh penambahan bahan stabilisasi yaitu limbah hancuran dinding yang ditambahkan dengan kadar yang berbeda dan dengan berbagai variasi waktu perawatan terhadap variabel terikat yang diamati. Untuk analisis varian dua arah digunakan program Minitab. Sedangkan analisis regresi dipakai untuk mendapatkan persamaan regresi model matematika yang sesuai atau yang dapat mendekati bentuk sebaran data hasil pengamatan. Persamaan regresi yang diperoleh dapat menunjukkan besarnya hubungan antara variabel persamaan regresi tersebut dengan

variabel terikat yang diamati. Untuk perhitungan dan penggambaran grafik digunakan Software Excel.



BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini perlakuan dengan penambahan kadar limbah hancuran dinding yang sudah dilarutkan dengan air pada tanah asli digunakan sebagai variabel bebas. Prosentase kadar limbah hancuran dinding yang digunakan dihitung berdasarkan berat isi kering tanah asli sedangkan variabel terikat yang diamati atau diteliti dalam penelitian ini meliputi :

1) Pengujian Gradasi

Pengujian gradasi dilakukan dengan menggunakan analisa saringan dan analisa hidrometer. Pengujian analisa saringan untuk mengukur butiran yang tertahan maupun yang lolos saringan No 200. Sedangkan analisa hidrometer digunakan untuk mengukur ukuran yang lebih halus dari saringan No 200 berdasarkan pada kecepatan mengendap dari butir-butir tanah didalam suspensi berbeda-beda tergantung pada ukuran butir-butir tanah

2) Pengujian Batas-batas Atterberg

Pengujian ini dilakukan untuk memperoleh nilai batas cair (LL), batas plastis (PL), dan indeks plastisitas (PI). Nilai batas-batas atterberg tanah yang bersangkutan dipengaruhi oleh jenis dan jumlah mineral lempung yang terkandung dalam tanah tersebut. Hal ini disebabkan karena sifat plastis suatu tanah dimana terserapnya air disekeliling partikel lempung.

3) Pengujian berat jenis (specific gravity)

Pengujian berat jenis dapat memberikan nilai berat jenis tanah baik tanah asli maupun tanah campuran. Nilai berat jenis tanah diperoleh dari perbandingan antara berat butir tanah asli maupun campuran dengan berat air suling pada volume yang sama dan suhu tertentu..

4) Pengujian kepadatan berat (modified proctor)

Pengujian ini dimaksudkan untuk memperoleh kurva hubungan antara berat isi kering tanah dan kadar air sehingga dari kurva tersebut dapat diketahui kadar air optimum (OMC) serta berat isi kering maksimum pada tanah asli maupun tanah yang dicampur dengan bahan stabilisasi (limbah hancuran dinding) .

5) Pengujian pemeriksaan CBR lab

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai daya dukung tanah asli maupun tanah yang telah dicampur dan dipadatkan dilaboratorium pada kadar air tertentu . nilai CBR adalah merupakan perbandingan beban penetrasi suatu bahan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama . pengujian CBR ini dilakukan tanpa perendaman dan rendaman setelah mengalami waktu perawatan (curing) untuk kemudian dilakukan uji pembebanan.

4.2 Analisa hasil penelitian

4.2.1 Pemeriksaan Kadar Air Tanah Asli

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui kadar air tanah asli dalam kondisi tak terganggu, dimana kadar air merupakan perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat tanah tersebut dalam persen. Dari pemeriksaan yang telah dilakukan, didapatkan hasil kadar air tanah asli dalam kondisi tak terganggu adalah sebesar 33,213 %.

Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Kadar Air

No.Cawan	1	2	3	4	5
Berat Cawan (gr)	5.64	5.62	5.66	5.64	5.46
Berat Cawan + Tanah Basah (gr)	13.39	17.67	16.57	15.15	14.52
Berat Cawan + Tanah Kering (gr)	11.50	14.62	13.74	12.81	12.31
Berat Air (Ww) (gr)	1.89	3.05	2.83	2.34	2.21
Berat Tanah Kering (Ws) (gr)	5.86	9.00	8.08	7.17	6.85
Kadar Air (%)	32.253	33.889	35.025	32.636	32.263
Kadar Air Rata-rata (%)	33.213				

4.2.2 Pemeriksaan hidrometer

Berdasarkan uji hydrometer yang dilakukan terhadap 50 gram tanah asli yang lolos saringan No 10 diperoleh hasil seperti dalam table dibawah ini :

Tabel 4.2 hasil pengamatan dan analisis hidrometer

Waktu t (menit)	Suhu °c	Pemb. Hidrometer Rh	D (mm)	N (%)
0.5	26	1.0225	0.03374	73.14259
1	26	1.0218	0.02450	70.86704
2	26	1.0205	0.01813	66.64103
5	26	1.0197	0.01177	64.04040
15	26	1.0186	0.00703	60.46454
30	26	1.0171	0.00519	55.58837
60	26	1.0153	0.00384	49.73696
120	26	1.0134	0.00284	43.56048
1440	26	1.0075	0.00092	24.38086

$$N = \frac{1000}{W_s} \times \frac{G_s}{G_s - 1} \times (Rh - 1) * 100\%$$

dimana :

N : Prosentase (%) butiran tanah sesungguhnya yang lebih kecil dari diameter
D (mm)

G_s : Berat jenis tanah

W_s : Berat tanah kering yang lolos saringan No.10 (gr)

Rh : Pembacaan hidrometer benda uji

Setelah pengujian hidrometer selesai dilakukan tanah kembali disaring dan pada butiran yang tertahan pada saringan No 200 (0.074 mm) dilakukan pemeriksaan

gradasi dengan menggunakan analisis saringan. Hasil Pemeriksaan gradasi untuk butiran yang tertahan pada saringan No 200 ditampilkan dalam table sebagai berikut

:

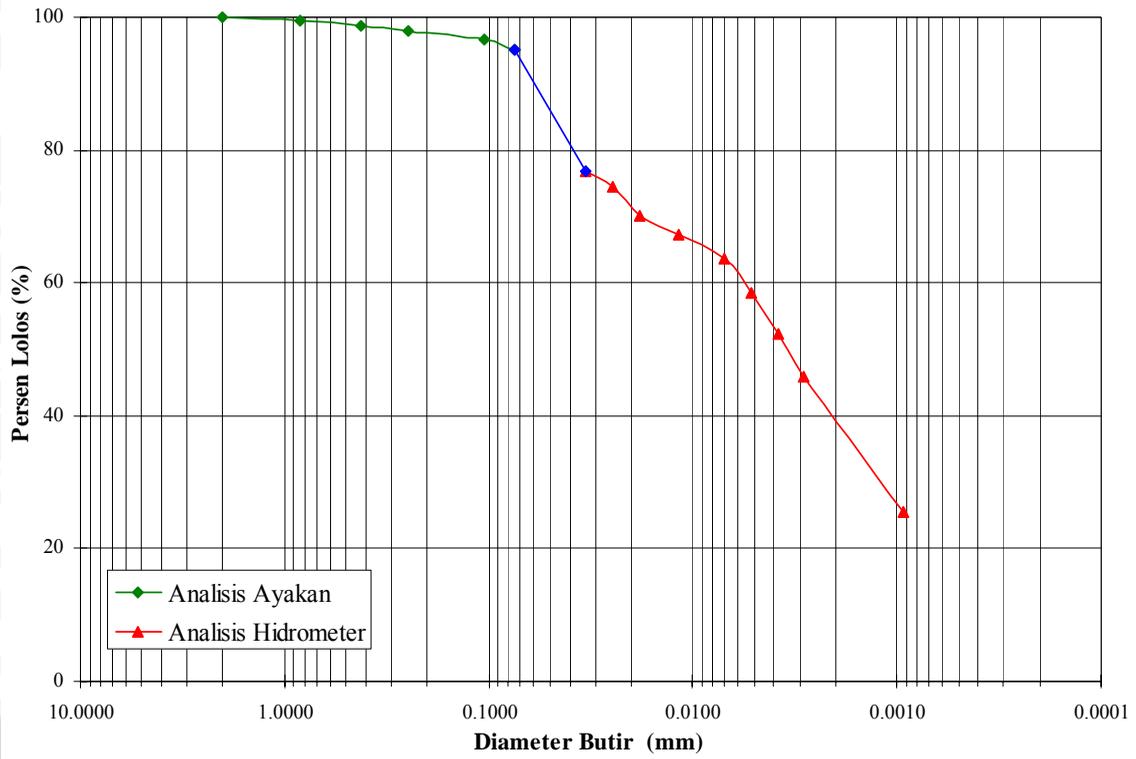
Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	Prosentase (%)	
				Jumlah tertahan	Lolos
10	2.000	0.000	0.000	0.000	100.000
20	0.840	0.254	0.254	0.508	99.492
40	0.420	0.425	0.679	1.358	98.642
60	0.250	0.412	1.091	2.182	97.818
150	0.105	0.643	1.734	3.468	96.532
200	0.074	0.724	2.458	4.916	95.084

Pada analisa saringan diatas butiran tanah yang lolos atau lebih kecil dari saringan No 200 (0.074 mm) adalah 95.084 % menurut sistem klasifikasi tanah Unified (Unified soil classification) bila ukuran butir tanah yang lolos saringan No 200 lebih besar dari 50 % maka tanah tersebut diklasifikasikan sebagai tanah berbutir halus. Sedangkan kurva distribusi ukuran butiran dapat dilihat pada gambar 4.1

Sedangkan pada analisa hidrometer yang dilakukan sebelumnya dengan maksud untuk memperbesar batas kurva distribusi ukuran butir dan untuk memperkirakan prosentase butiran tanah yang lebih kecil dari 0.074 mm (No 200) maka dapat diketahui bahwa prosentase butiran tanah asli sesungguhnya yang lebih kecil dari diameter butiran (mm) adalah prosentase (%) dapat dalam table 4.2.

Dengan mengplotkan hasil yang ada pada tabel 4.1. dan 4.2. diperoleh grafik pembagian butir yang menghubungkan diameter butir dan persentase kelolosan butir tanah lempung yang dipadatkan



Gambar 4.1. Grafik pembagian butir

4.2.3 Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg

Batas-batas atterberg merupakan suatu metode untuk menjelaskan keadaan konsistensi dari tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Pemeriksaan batas-batas atterberg dimaksudkan untuk mengetahui jenis tanah yang akan digunakan sebagai benda uji penelitian. Pada pemeriksaan batas-batas atterberg ini di samping pemeriksaan terhadap tanah asli, juga dilakukan pemeriksaan terhadap tanah asli yang telah mendapat perlakuan stabilisasi dengan limbah hancuran dinding 0%, 3% dan 6%. Dari pemeriksaan ini nanti didapat nilai-nilai batas cair, batas plastis, batas susut, dan indeks plastisitas serta seberapa besar pengaruh penambahan limbah hancuran dinding terhadap nilai-nilai tersebut. Hasil pemeriksaan batas-batas atterberg dapat dilihat pada Tabel 4.4

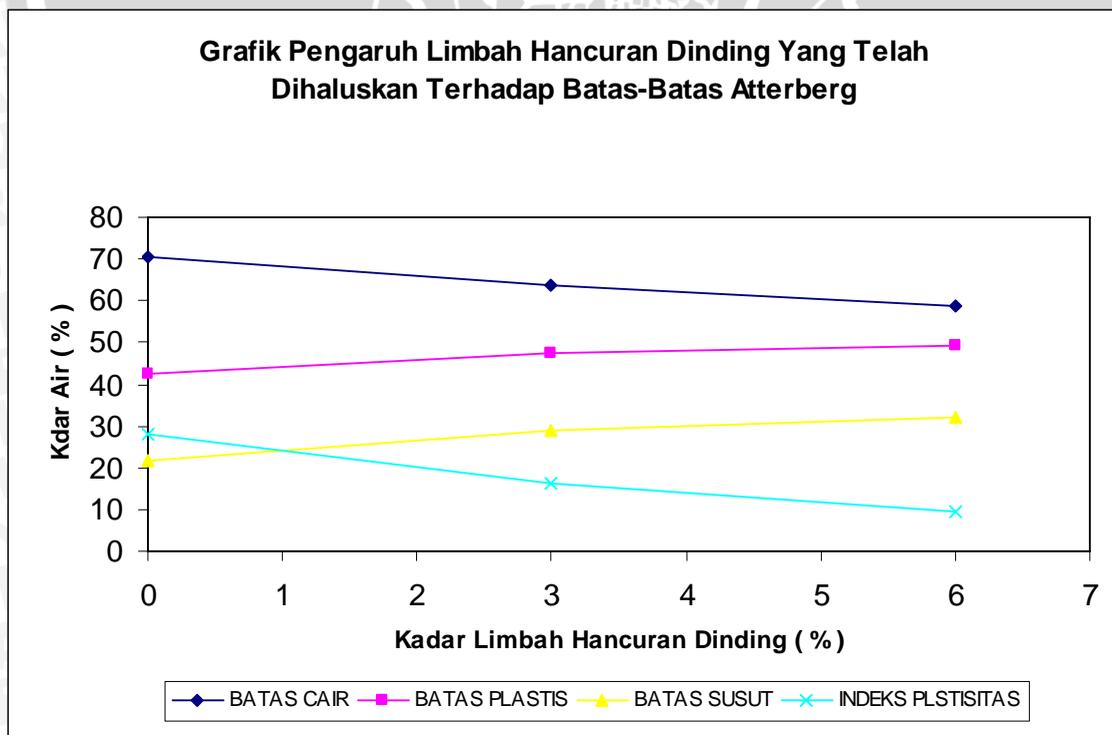
Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Batas-Batas Atterberg

BAHAN	LL (%)	PL (%)	PI (%)	SL (%)
Tanah Asli + 0% Limbah Hancuran Dinding	70.46	42.477	27.983	21.909

Tanah Asli + 3% Limbah Hancuran Dinding	63.706	47.345	16.361	28.781
Tanah Asli + 6% Limbah Hancuran Dinding	56.816	49.233	7.583	31.901

Pemeriksaan batas-batas atterberg terhadap tanah asli didapatkan nilai batas cair sebesar 70.460 %, batas plastis sebesar 42.477 %, batas susut sebesar 21.909 %, dan indeks plastisitas sebesar 27.983 %. Dengan mengplotkan nilai-nilai tersebut ke dalam diagram plastisitas, maka tanah tersebut termasuk ke dalam klasifikasi tanah lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi (OH).

Dengan penambahan limbah hancuran dinding ke dalam tanah asli, maka terjadi penurunan nilai batas cair dan peningkatan nilai batas plastis sehingga kondisi ini mengakibatkan penurunan yang besar pada nilai indeks plastisitas tanah. Penambahan limbah hancuran dinding juga dapat meningkatkan nilai batas susut dari suatu tanah. Pengaruh penambahan limbah hancuran dinding ke dalam tanah asli dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Pengaruh Penambahan Limbah Hancuran Dinding yang telah dihaluskan Terhadap Batas-batas Atterberg

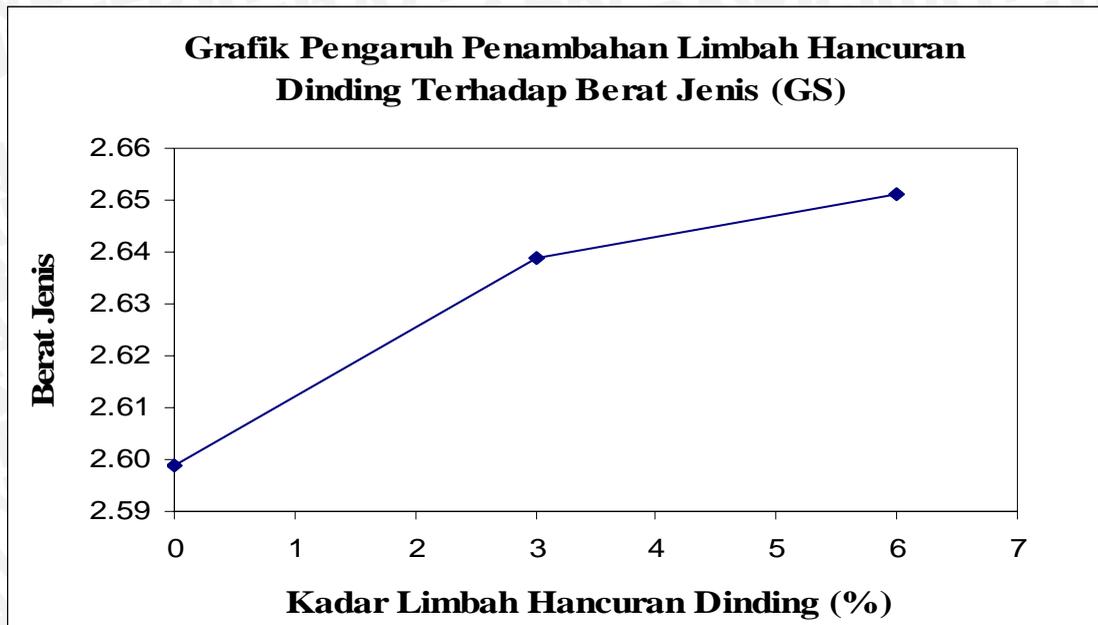
4.2.4 Pemeriksaan Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis bahan yang akan digunakan sebagai benda uji penelitian. Bahan-bahan yang akan digunakan sebagai benda uji meliputi tanah asli, limbah hancuran dinding, serta tanah asli yang telah mendapat perlakuan stabilisasi dengan limbah hancuran dinding 0%, 3% dan 6%. Hasil pemeriksaan berat jenis dapat dilihat dalam Tabel 4.5

Tabel 4.5 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Bahan

BAHAN	BERAT JENIS (GS)
Limbah Hancuran Dinding	2.627
Tanah Asli + 0% Limbah Hancuran Dinding	2.599
Tanah Asli + 3% Limbah Hancuran Dinding	2.639
Tanah Asli + 6% Limbah Hancuran Dinding	2.651

Dari tabel di atas diperoleh nilai berat jenis tanah asli sebesar 2.599. Penambahan limbah hancuran dinding ke dalam tanah asli akan menyebabkan peningkatan nilai berat jenis tanah asli tersebut. Hal ini dikarenakan limbah hancuran dinding memiliki nilai berat jenis yang lebih besar daripada nilai berat jenis tanah asli yaitu sebesar 2.627. Pengaruh penambahan limbah hancuran dinding terhadap nilai berat jenis dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Pengaruh Penambahan Limbah Hancuran Dinding Terhadap Berat Jenis

4.2.5 Pemeriksaan Pemadatan Standart

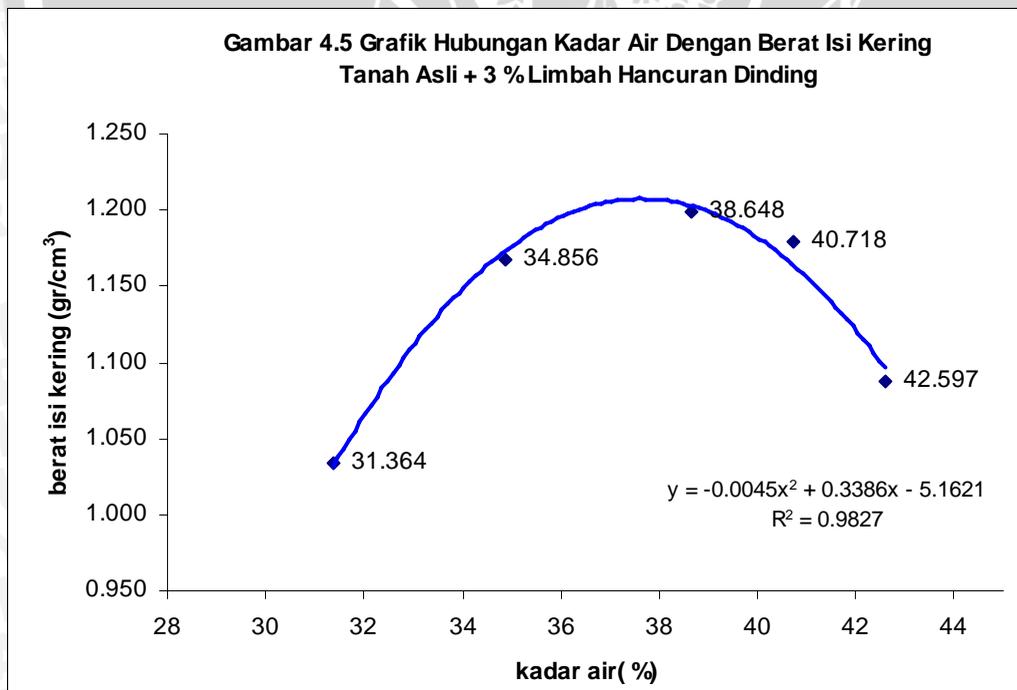
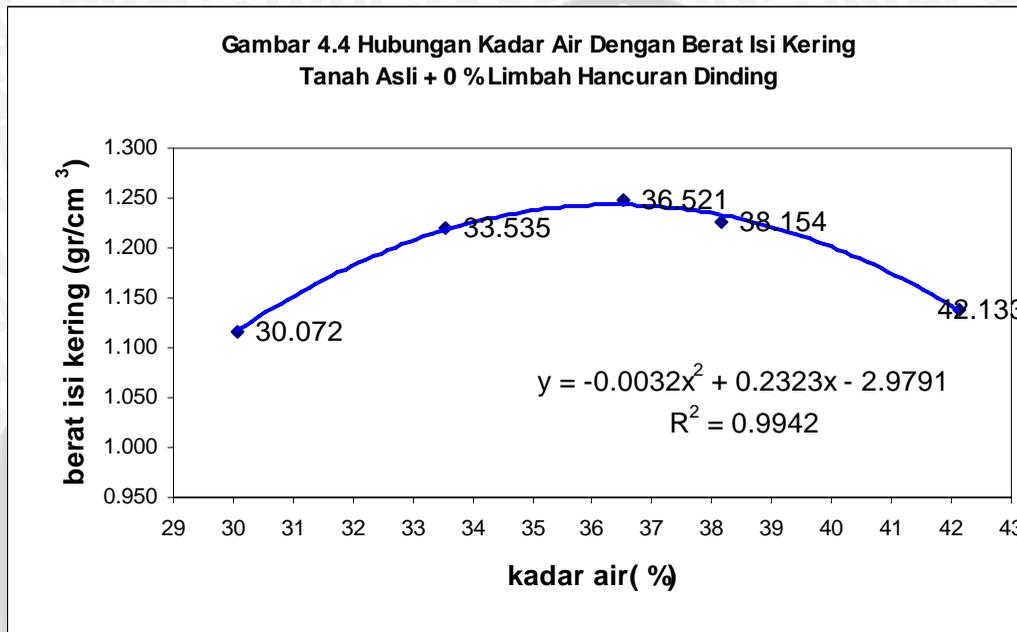
Pemeriksaan pemadatan standart dimaksudkan untuk mendapatkan nilai kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering maksimum dari tanah yang akan digunakan sebagai benda uji. Nilai kadar air optimum (OMC) selanjutnya akan digunakan sebagai acuan penambahan air dalam pembuatan benda uji, sedangkan nilai berat isi kering maksimum digunakan sebagai acuan kepadatan dari benda uji. Dalam pemeriksaan pemadatan standart ini, selain dilakukan terhadap tanah asli juga dilakukan pada tanah asli yang telah mendapat perlakuan stabilisasi dengan limbah hancuran dinding 3% dan 6% dengan maksud untuk mendapatkan nilai kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering maksimum masing-masing tanah campuran. Pemeriksaan pemadatan standart tersebut dilakukan menurut cara B dengan spesifikasi alat sebagai berikut :

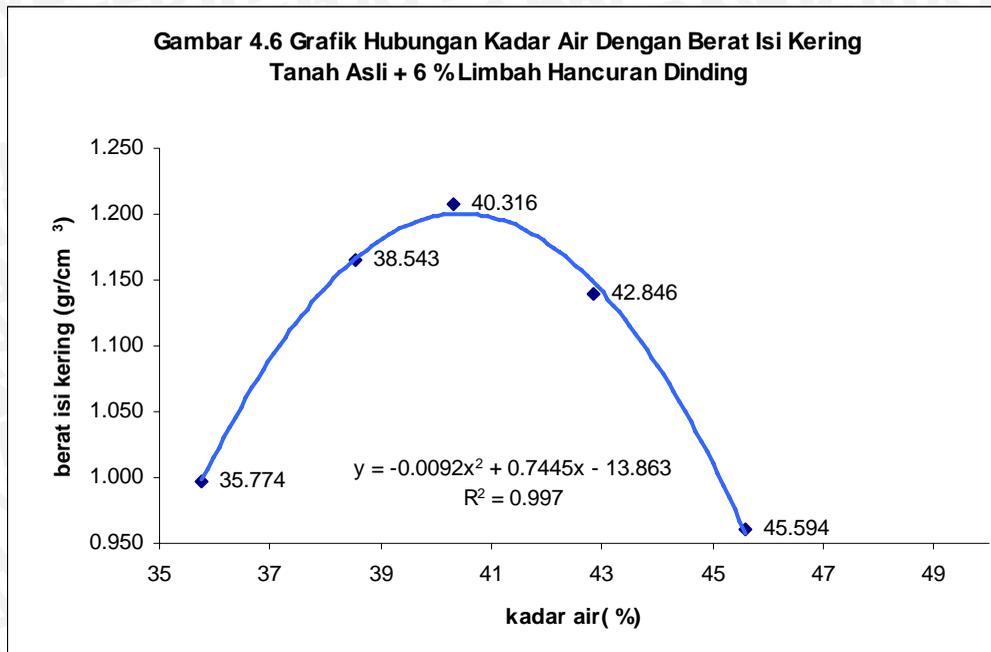
- Diameter cetakan 152 mm (6")
- Bahan lolos saringan No.4 (4,75 mm)
- Tinggi Cetakan 6.89" (17.5 cm)
- Terdiri dari 3 lapisan dan tiap lapisan terdiri dari 56 pukulan

- Berat alat pemukul 2,5 kg (5,5 lbs) dengan tinggi jatuh 30,48 cm (12")

Dengan mengplotkan hasil yang ada, diperoleh grafik pemadatan standart dimana sumbu-x merupakan kadar air dan sumbu-y merupakan berat isi kering dari suatu tanah.

Hasil pemeriksaan pemadatan standart dapat dilihat dalam gambar 4.4 – 4.6





Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan Pemadatan Standart

BAHAN	KADAR AIR OPTIMUM (OMC) (%)	BERAT ISI KERING MAKSIMUM (yd Maks) (gr/cm ³)
Tanah Asli + 0% Limbah Hancuran Dinding	36.297	1.237
Tanah Asli + 3% Limbah Hancuran Dinding	37.622	1.207
Tanah Asli + 6% Limbah Hancuran Dinding	40.462	1.199

Dari tabel di atas diperoleh nilai kadar air optimum (OMC) tanah asli sebesar 36.297 %, sedangkan nilai berat isi kering maksimumnya sebesar 1.237 gr/cm³. Setelah dipadatkan, pada tanah asli ruang pori diisi oleh butiran tanah, sedangkan dengan penambahan limbah hancuran dinding ke dalam tanah maka ruang pori tanah tersebut akan diisi oleh limbah hancuran dinding. Penambahan air ke dalam tanah yang dipadatkan memberikan pengaruh yang nyata terhadap berat tanah basah, akan tetapi penambahan

limbah hancuran dinding ke dalam tanah yang dipadatkan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap berat tanah basah. Hal ini mungkin disebabkan oleh proses pencampuran tanah dengan limbah hancuran dinding yang tidak merata dan bisa juga disebabkan oleh karena kadar penambahan limbah hancuran dinding ke dalam tanah yang tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Dari pemeriksaan pemadatan standart, penambahan limbah hancuran dinding ke dalam tanah asli dapat menaikkan nilai kadar air optimum (OMC) yang diikuti oleh terjadinya penurunan nilai berat isi kering maksimum dari tanah asli tersebut. Penurunan berat isi kering maksimum tanah tersebut disebabkan oleh terjadinya proses flokuasi dan sementasi butiran tanah akibat pencampurannya dengan bahan stabilisasi limbah hancuran dinding sehingga membuat tanah menjadi sulit dipadatkan. Dengan naiknya nilai kadar air optimum untuk tanah campuran memberikan keuntungan pada proses pemadatan tanah campuran di lapangan mengingat di lapangan, tanah lempung sering dijumpai dalam keadaan basah.

4.2.6 Pemeriksaan CBR Laboratorium

4.2.6.1 Pemeriksaan CBR tanpa rendaman (*unsoaked*)

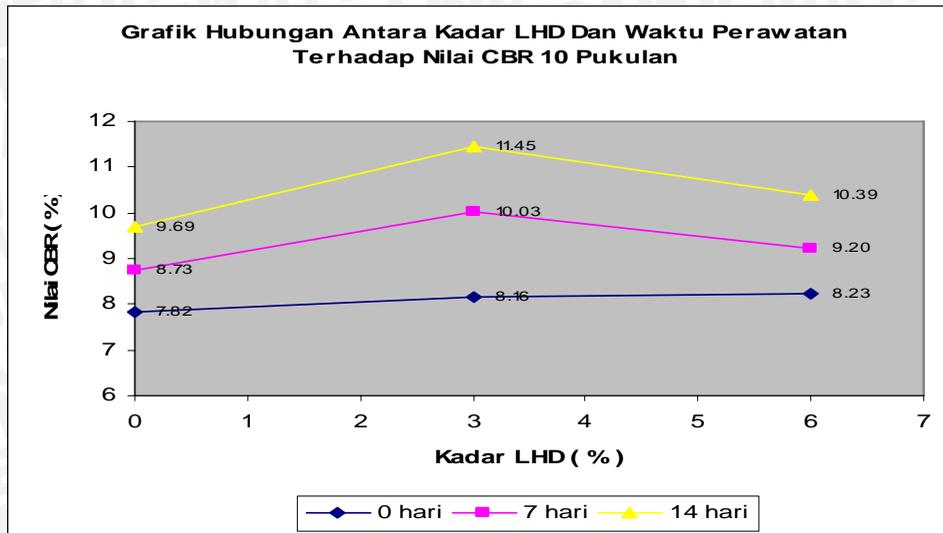
Pada Pengujian CBR secara langsung tanpa dilakukan perendaman , contoh tanah dipadatkan dalam cetakan CBR dengan tumbukan atau pukulan sebanyak 10,25,dan 56 perlapis pada setiap perlawanan dengan memakai kadar air optimum dari hasil uji kepadatan tanah standar. setelah menjalani perawatan selama 0 hari, 7 hari, dan 14 hari contoh tanah yang dipadatkan dalam cetakan tersebut langsung diuji penetrasi CBRnya. Pada penelitian ini untuk masing-masing perlakuan dan jumlah pukulan dilakukan sebanyak 3 kali perulangan. Dengan hasil rata-rata nilai CBR langsung dari ketiga perulangan tersebut diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 4.7 hasil rata-rata pengujian CBR tanpa rendaman :

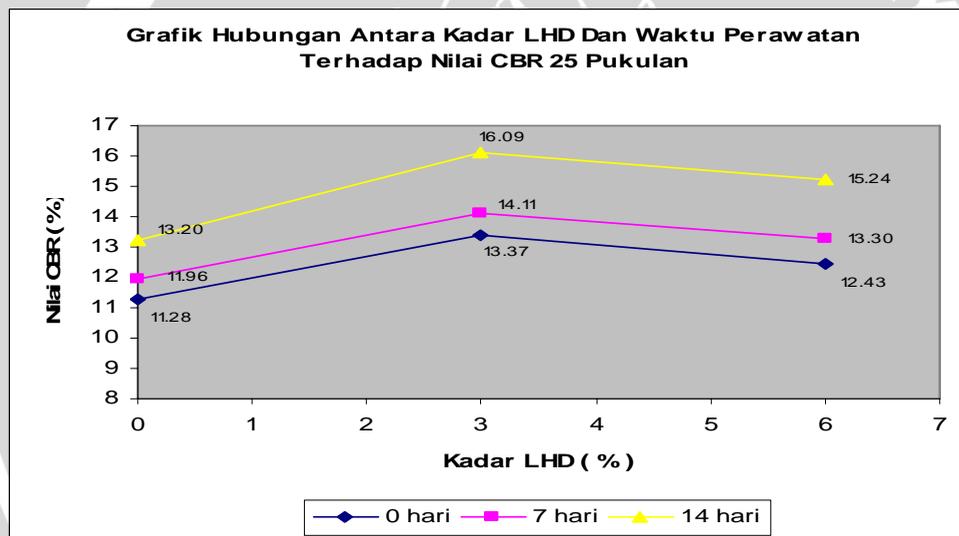
Perlakuan	Waktu Perawatan (hari)	CBR (%)			Berat Isi Kering (gr/cm ³)			Kadar Air (%)		
		10x	25x	56x	10x	25x	56x	10x	25x	56x
Tanah Asli + 0% LHD	0	7.82	11.28	16.26	0.951	1.081	1.238	36.106	36.261	36.464
	7	8.73	11.96	17.11	0.966	1.106	1.237	36.207	36.341	36.582
	14	9.69	13.20	18.93	1.044	1.180	1.290	36.119	36.132	36.588
Tanah Asli + 3% LHD	0	8.16	13.37	16.77	0.936	1.044	1.215	37.212	37.493	37.709
	7	10.03	14.11	18.19	0.950	1.049	1.217	37.300	37.467	37.668
	14	11.45	16.09	20.68	0.981	1.063	1.223	37.316	37.652	37.676
Tanah Asli + 6% LHD	0	8.23	12.43	17.83	0.933	1.022	1.150	40.058	40.084	40.355
	7	9.20	13.30	18.07	0.953	1.046	1.158	40.065	40.166	40.371
	14	10.39	15.24	20.57	0.985	1.048	1.168	40.135	40.234	40.413

Catatan : Pemadatan benda uji untuk masing – masing Perlakuan dilakukan pada kondisi OMC

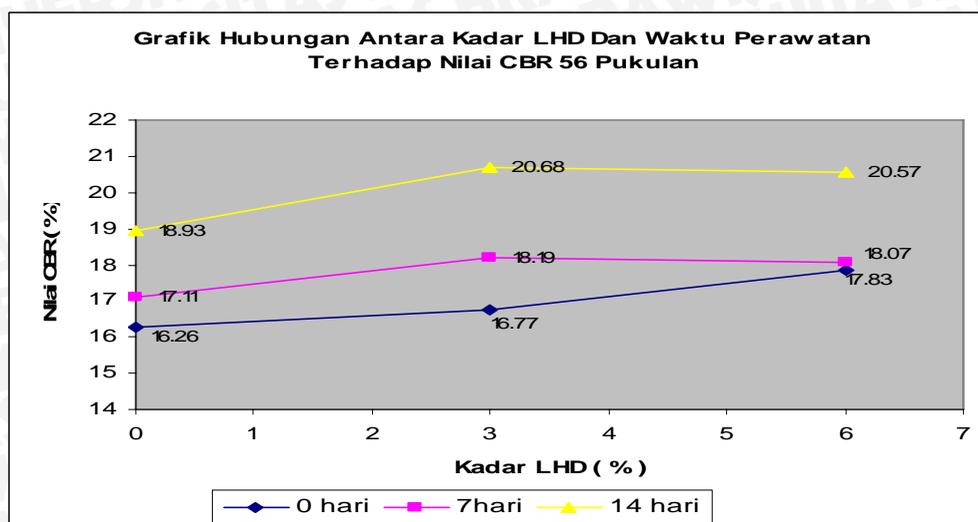
Dari data uji CBR diatas terlihat Peningkatan nilai CBR Pada setiap Perlakuan dan waktu Perawatan. Hal ini disebabkan karena Penambahan Bahan Limbah Hancuran Dinding Pada tanah akan mengikat beberapa butir tanah sehingga akan membentuk ikatan yng erat antara butiran tanah dengan bertambahnya waktu perawatan akan menjadikan tanah lebih rapat. Peningkatan nilai CBR tanah ini membentuk sebuah kurva yang mempunyai nilai optimum yakni pada penambahan Limbah Hancuran Dinding 3% pada waktu perawatan 14 hari yaitu 20.68 %, dengan berat isi kering 1.223 gr/cm³ dan kadar air 37.676 % untuk 56 pukulan.



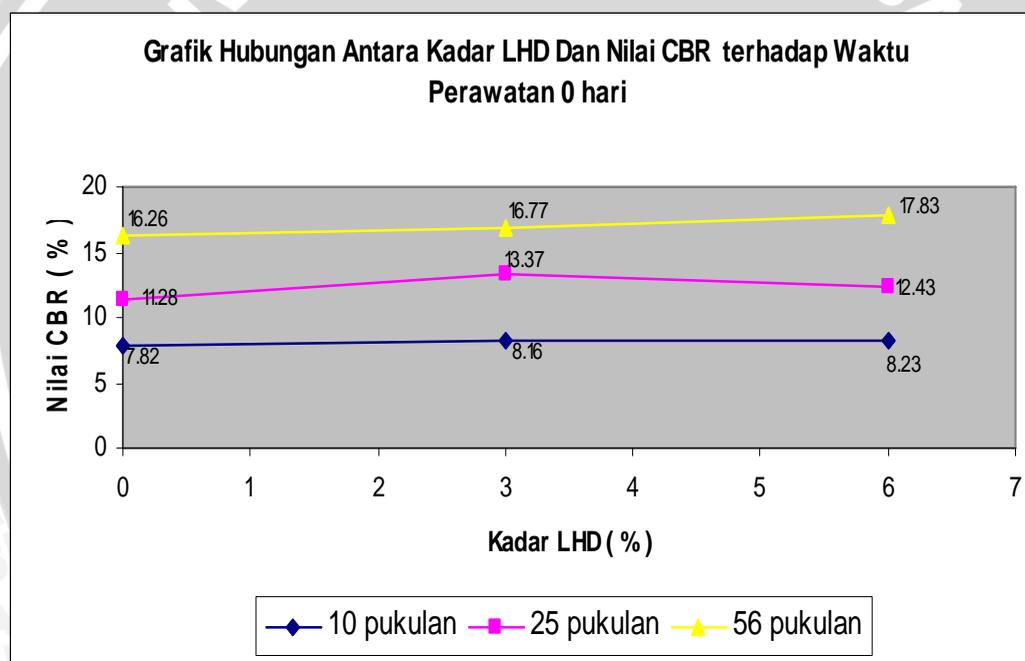
Gambar 4.7 Hubungan antara Kadar Limbah Hancuran Dinding dan Waktu Perawatan Terhadap Nilai CBR 10 Pukulan



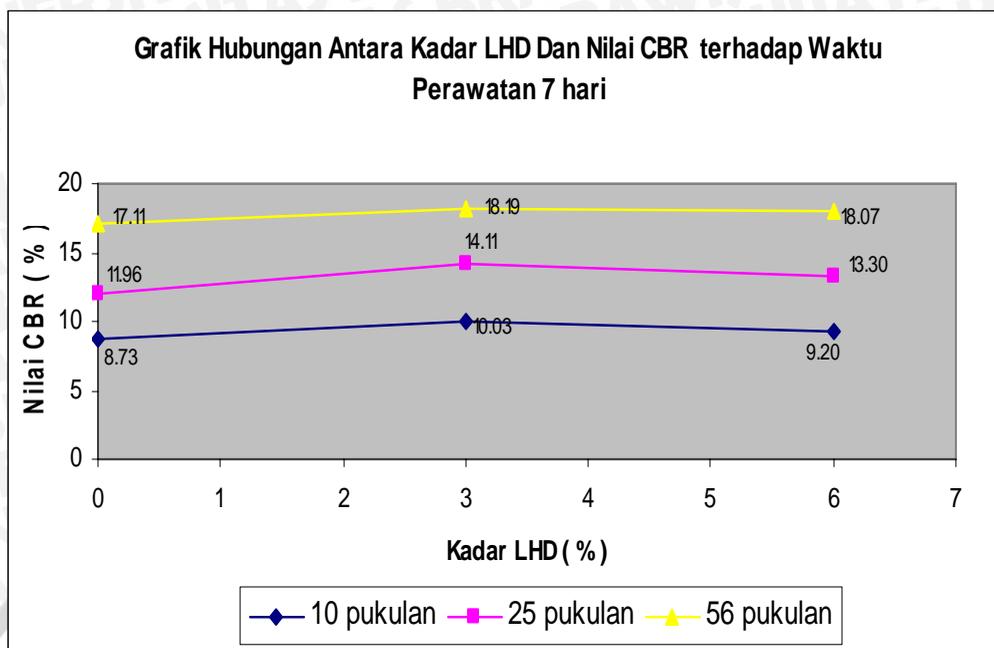
Gambar 4.8 Hubungan antara Kadar Limbah Hancuran Dinding dan Waktu Perawatan Terhadap Nilai CBR 25 Pukulan



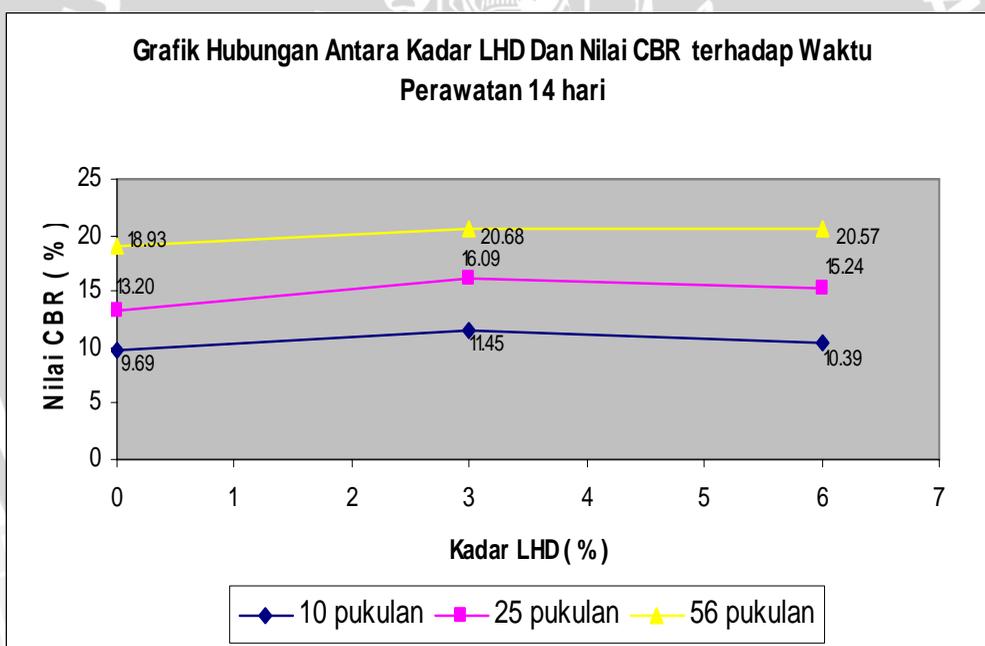
Gambar 4.9 Hubungan antara Kadar Limbah Hancuran Dinding dan Waktu Perawatan Terhadap Nilai CBR 56 Pukulan



Gambar 4.10 Hubungan antara Kadar Limbah Hancuran Dinding dan Nilai CBR Terhadap Waktu Perawatan 0 hari



Gambar 4.11 Hubungan antara Kadar Limbah Hancuran Dinding dan Nilai CBR Terhadap Waktu Perawatan 7 hari



Gambar 4.12 Hubungan antara Kadar Limbah Hancuran Dinding dan Nilai CBR Terhadap Waktu Perawatan 14 hari

4.2.6.2 Pemeriksaan CBR Rendaman

Pada Pengujian CBR secara langsung dengan dilakukan perendaman , contoh tanah dipadatkan dalam cetakan CBR dengan tumbukan atau pukulan sebanyak 10,25,dan 56 perlapis pada setiap perlawanan dengan memakai kadar air optimum dari hasil uji kepadatan tanah standar. Setelah menjalani perawatan selama 0 hari, 7 hari, dan 14 hari contoh tanah yang dipadatkan dalam cetakan tersebut langsung dilakukan perendaman selama 96 jam untuk mengetahui besarnya pengembangan yang terjadi pada tanah perlakuan.

Pembacaan besarnya pengembangan dilakukan pada 1,2,4,8,24,48,72, dan 96 jam dari saat awal contoh tanah direndam. Setelah masa perendaman berakhir contoh tanah bersama cetakan dikeluarkan dari dalam air dan dimiringkan ± 15 menit agar air yang berada yang berada dalam tanah bebas mengalir keluar. kemudian diuji penetrasi CBR renaman (*soaked*). Pada penelitian ini untuk masing-masing perlakuan dan jumlah pukulan dilakukan sebanyak 3 kali perulangan.

Pengembangan (*swell*) adalah Perbandingan Perubahan tinggi selama perendaman terhadap tinggi benda uji semula dinyatakan dalam persen (%)

Tabel 4.8 Pembacaan Pengembangan tanah uji CBR (*soaked*) 96 jam

Perlakuan	Waktu Perawatan (Hari)	10 pukulan	25 pukulan	56 pukulan
		SWELL (%)	SWELL (%)	SWELL (%)
Tanah asli + 0% LHD	0	1.123	1.376	1.109
	7	1.573	2.093	1.488
	14	1.285	2.253	1.613
Tanah asli + 3% LHD	0	1.392	1.520	1.256
	7	1.240	1.544	1.309
	14	1.352	1.477	1.251
Tanah asli + 6% LHD	0	1.472	1.549	1.397
	7	1.392	1.581	1.200
	14	1.093	1.312	1.751

Dari pembacaan nilai pengembangan (*swell*) tanah yang diperoleh selama 96 jam masa perendaman , terjadi pengembangan yang cukup besar pada Penambahan Kadar

Limbah hancuran dinding 0 % dan pada waktu perawatan 14 hari pada uji CBR 25 pukulan yaitu mencapai 2.253 %..

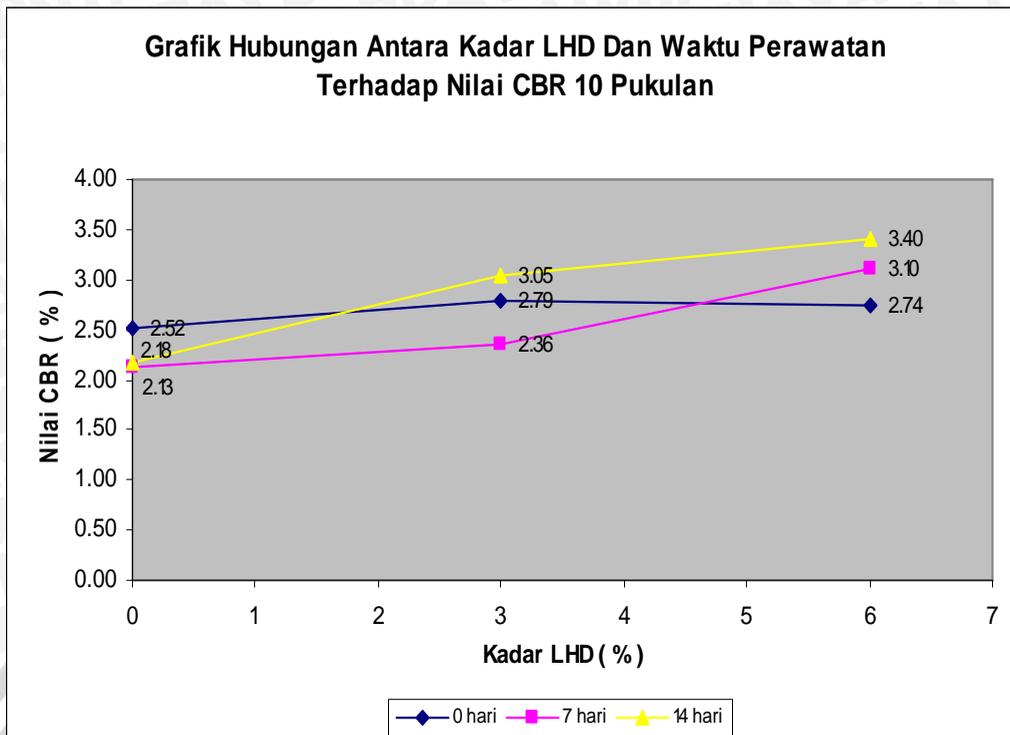
Hasil pembacaan pada setiap perlakuan menunjukkan nilai pengembangan yang lebih kecil dibandingkan dengan pengembangan tanah asli sehingga penambahan Limabah hancuran dinding pada tanah asli akan mengurangi nilai pengembangan tanah.

Dengan hasil rata-rata nilai CBR langsung dari ketiga perulangan tersebut diperoleh hasil sebagai berikut :

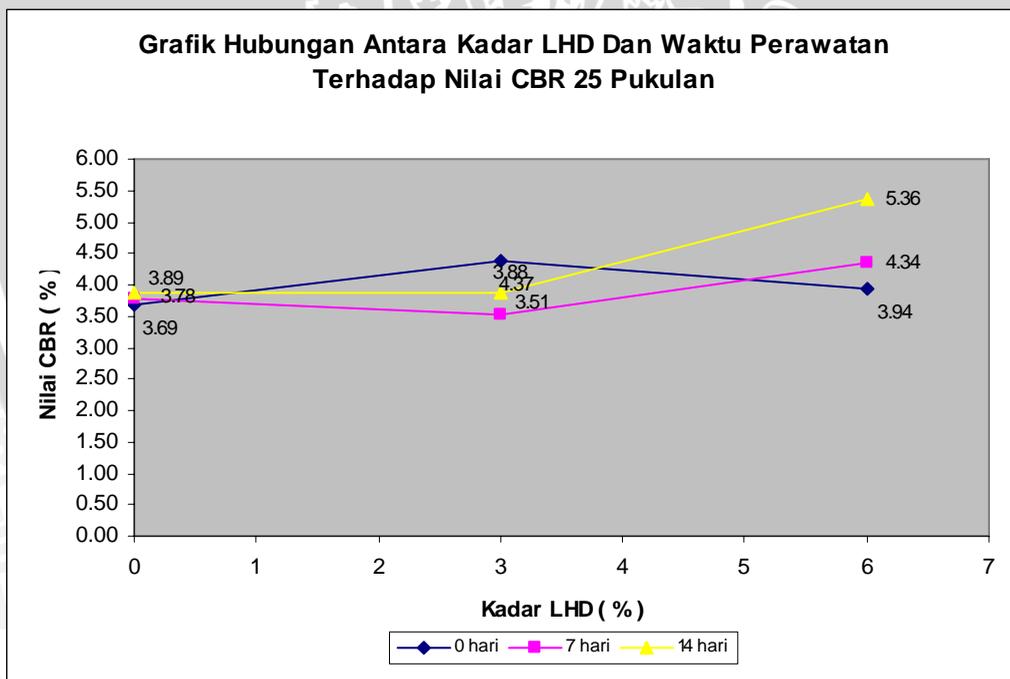
Tabel 4.8 hasil rata-rata pengujian CBR rendaman (*soaked*) :

Perlakuan	Waktu Perawatan (hari)	CBR rendaman (%)			Berat Isi Kering (gr/cm ³)			Kadar Air (%)		
		10x	25x	56x	10x	25x	56x	10x	25x	56x
Tanah Asli + 0% LHD	0	2.52	3.69	5.61	0.762	0.859	1.038	65.195	68.071	70.447
	7	2.13	3.78	5.54	0.748	0.961	1.020	61.617	66.583	69.753
	14	2.18	3.89	5.23	0.824	0.810	0.858	63.475	59.608	55.693
Tanah Asli + 3% LHD	0	2.79	4.37	6.39	0.925	1.028	1.090	59.844	57.937	56.001
	7	2.36	3.51	4.70	0.768	0.963	1.110	65.707	62.608	59.838
	14	3.05	3.88	4.64	0.842	0.847	0.839	66.965	62.756	60.570
Tanah Asli + 6% LHD	0	2.74	3.94	5.65	0.795	0.936	1.017	63.747	62.183	60.219
	7	3.10	4.34	5.80	0.795	0.785	0.802	62.624	59.225	60.783
	14	3.40	5.36	6.89	0.871	0.992	1.066	61.401	60.843	60.028

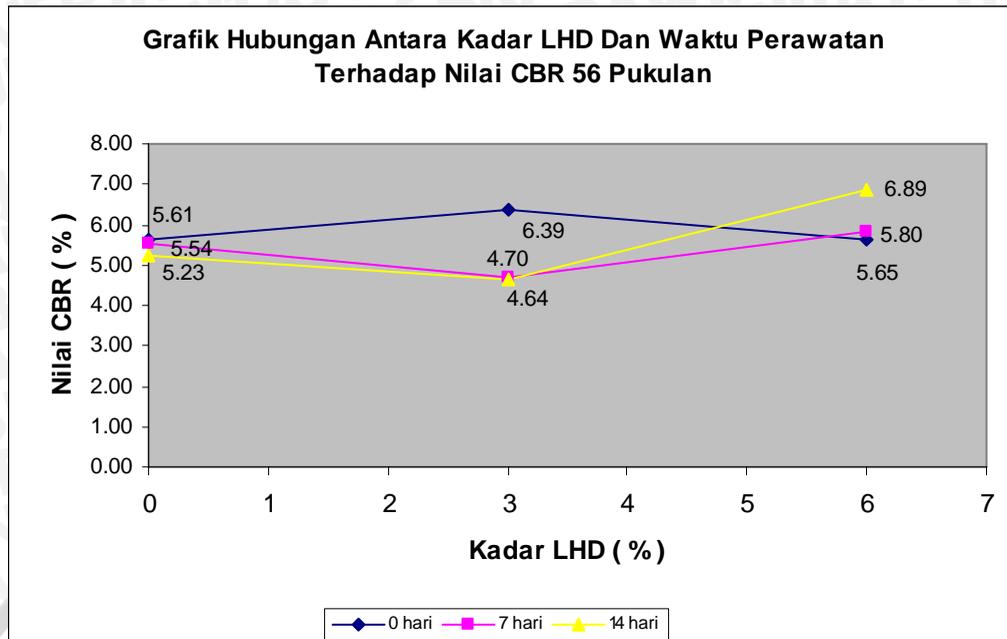
Dari hasil test CBR rendaman untuk berbagai perlakuan menunjukkan bahwa hasil CBR dari pencampuran lempung dengan limbah hancuran dinding mempunyai fluktuasi untuk masing-masing jumlah pukulan atau dapat dikatakan kenaikan kadar limbah hancuran dinding tidak selalu memberikan kenaikan nilai CBR.



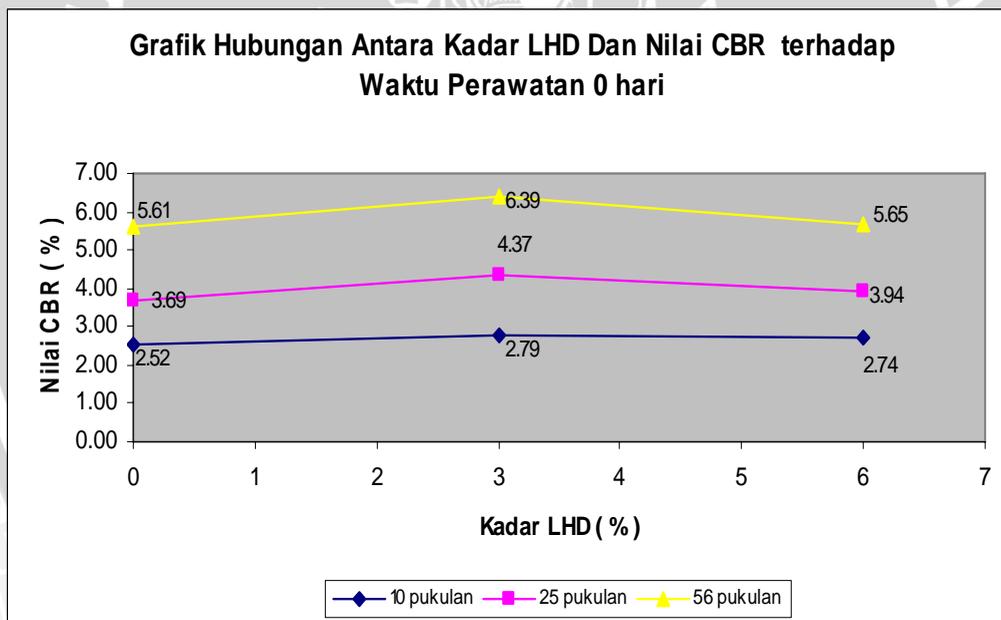
Gambar 4.13 Hubungan antara Kadar Limbah Hancuran Dinding dan Waktu Perawatan Terhadap Nilai CBR 10 Pukulan



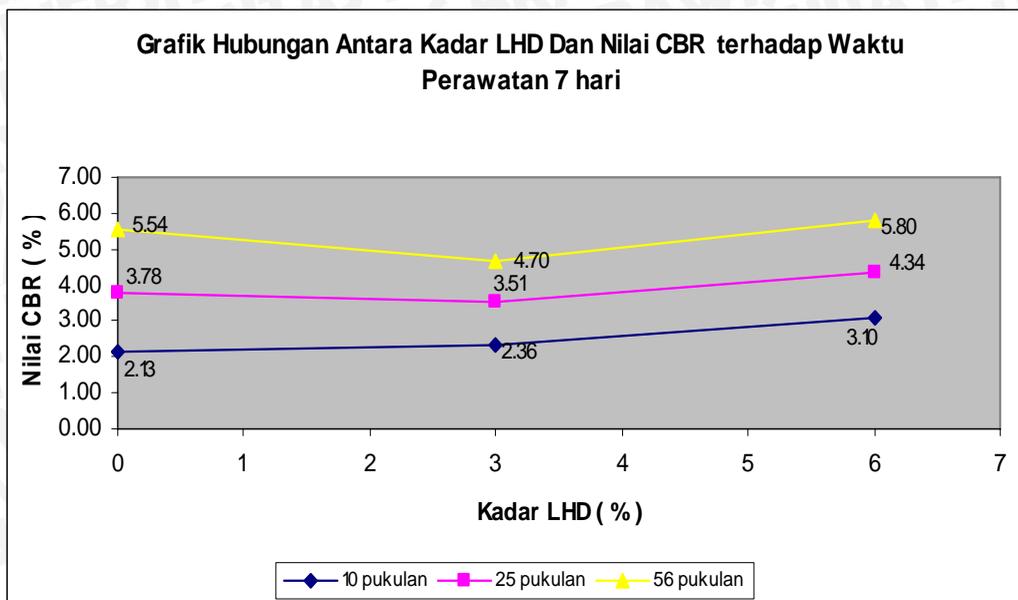
Gambar 4.14 Hubungan antara Kadar Limbah Hancuran Dinding dan Waktu Perawatan Terhadap Nilai CBR 25 Pukulan



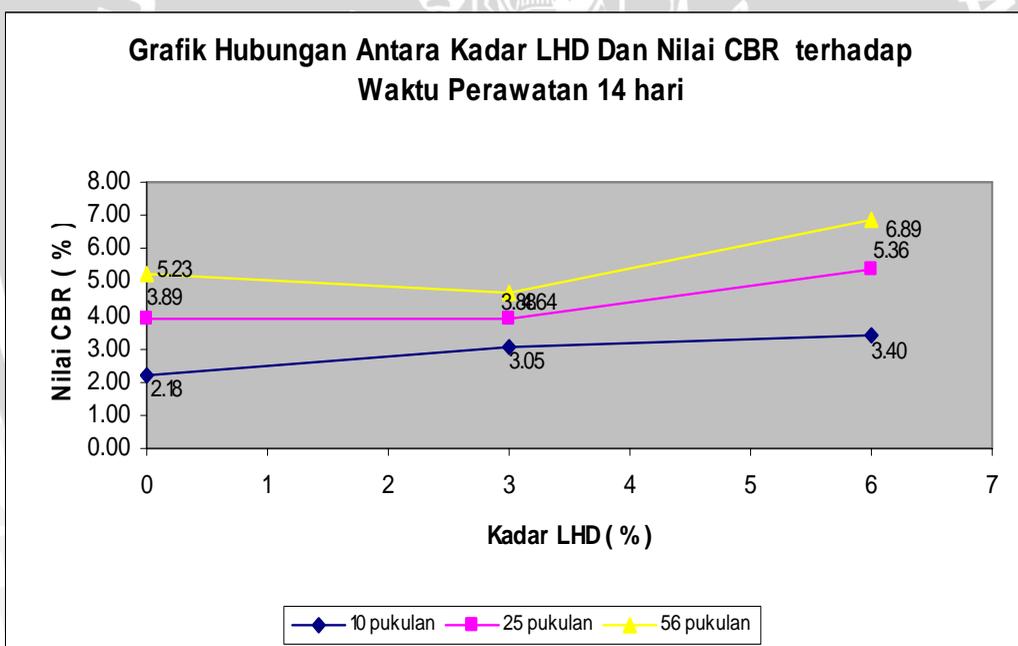
Gambar 4.15 Hubungan antara Kadar Limbah Hancuran Dinding dan Waktu Perawatan Terhadap Nilai CBR 56 Pukulan



Gambar 4.16 Hubungan antara Kadar Limbah Hancuran Dinding dan Nilai CBR Terhadap Waktu Perawatan 0 hari



Gambar 4.17 Hubungan antara Kadar Limbah Hancuran Dinding dan Nilai CBR Terhadap Waktu Perawatan 7 hari



Gambar 4.18 Hubungan antara Kadar Limbah Hancuran Dinding dan Nilai CBR Terhadap Waktu Perawatan 14 hari

4.3 Analisa Hipotesa

Untuk menentukan hipotesis awal dari penelitian digunakan analisis dua arah. Analisis varian akan diketahui apakah ada pengaruh perlakuan (Prosentase Limbah Hancuran Dinding dan waktu perawatan) terhadap berat isi kering, dan kadar air. Hipotesa adalah suatu pernyataan tentang hubungan dua variabel atau lebih yang perlu diuji kebenarannya. Pengujian berupa pernyataan bahwa hipotesa diterima atau ditolak, dan dinyatakan sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_n$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_n$$

Dengan menggunakan uji F, maka jika F hitung > F tabel, H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti terdapat hubungan yang nyata antara variabel bebas dengan variabel terikat yang diamati. Sedangkan jika F hitung < F tabel, H_0 diterima dan H_1 ditolak yang berarti tidak terdapat hubungan yang nyata antara variabel bebas dengan variabel terikat yang diamati.

4.4.1 Analisis Varian Dua Arah

Analisis varian dua arah digunakan untuk menguji efek atau pengaruh dua buah faktor A dan B yang pada masing-masing faktor mempunyai beberapa kategori. Dalam analisis varian dua arah ini kita dapat mencari ada atau tidak adanya pengaruh faktor A atau faktor B serta hubungan antara keduanya (faktor A dan faktor B) terhadap hasil akhir yang diperoleh. Dalam pelaksanaan penelitian, setiap pasangan pengamatan dari faktor A dengan kategori I dan faktor B dengan kategori J, dapat dituliskan dengan Y_{ijk} yang artinya data tersebut nilainya sama dengan Y pada pengamatan ke-K dengan kondisi A_i dan B_j . Jika pengamatan dari masing-masing sel (perlakuan) hanya terdiri dari satu kali pengamatan, maka setiap pengamatan dalam sel (perlakuan) dapat ditulis dengan Y_{ij} . Ada dua bentuk dalam pengambilan atau penyusunan data dari penelitian yang menggunakan analisis varian dua arah, yaitu :

1. Setiap sel (perlakuan) dengan satu kali pengamatan
2. Setiap sel (perlakuan) dengan lebih dari satu kali pengamatan.

Untuk lebih jelasnya penyusunan data (rancangan penelitian) pada masing-masing bentuk yang telah disebutkan di atas dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 di bawah ini :

Tabel 4.9 Rancangan Penelitian Dua Arah Dengan Satu Kali Pengamatan Tiap Sel (Perlakuan)

Faktor	B					Rata-Rata Baris
	Kategori	B1	B2	...	Bj	
A	A1	Y11	Y12	...	Y1j	Y1.
	A2	Y21	Y22	...	Y2j	Y2.

	Ai	Yi1	Yi2	...		Yi.
Rata-Rata Kolom		Y.1	Y.2		Y.j	Y..

Tabel 4.10 Rancangan Penelitian Dua Arah Dengan Lebih Dari Satu Kali Pengamatan Tiap Sel (Perlakuan)

Faktor	B					Rata-Rata Baris
	Kategori	B1	B2	...	Bj	
A	A1	Y111	Y121	...	Y1j1	Y1..
		Y112	Y122		Y1j2	
		Y11k	Y12k		Y1jk	
	A2	Y211	Y221	...	Y2j1	Y2..
		Y212	Y222		Y2j2	
		Y21k	Y22k		Y2jk	

	Ai	Yi11	Yi21	...	Yij1	Yi..
		Yi12	Yi22		Yij2	
Yi1k		Yi2k	Yijk			
Rata-Rata Kolom		Y.1.	Y.2.	...	Y.j.	Y...

4.4.1.1 Analisis Varian Dua Arah Nilai CBR Laboratorium

4.4.1.2.1 CBR Tanpa Rendaman

Tabel 4.11 Analisis Varian Dua Arah Pengaruh Penambahan Limbah Hancuran Dinding Dan Pemberian Waktu Perawatan Terhadap Nilai CBR
(*unsoaked*) 10 pukulan

sumber keseragaman	db	jumlah kuadrat	kuadrat tengah	F hitung	F tabel	P-value
waktu perawatan	2	5.762796532	2.881398266	10.8046289	3.554557	0.000826575
kadar limbah	2	26.74925735	13.37462867	50.152005	3.554557	4.36976E-08
Interaksi	4	1.801814769	0.450453692	1.68910526	2.927744	0.196275499
galat	18	4.800273045	0.266681836			
Total	26	39.11414169				

Tabel 4.12 Analisis Varian Dua Arah Pengaruh Penambahan Limbah Hancuran Dinding Dan Pemberian Waktu Perawatan Terhadap Nilai CBR
(*unsoaked*) 25 pukulan

sumber keseragaman	db	jumlah kuadrat	kuadrat tengah	F hitung	F tabel	P-value
waktu perawatan	2	25.90850417	12.95425208	24.8579453	3.554557	6.62578E-06
kadar limbah	2	29.49879306	14.74939653	28.3026522	3.554557	2.77029E-06
Interaksi	4	0.902919444	0.225729861	0.43315357	2.927744	0.782893162
galat	18	9.3803625	0.52113125			
Total	26	65.69057917				

Tabel 4.13 Analisis Varian Dua Arah Pengaruh Penambahan Limbah Hancuran Dinding Dan Pemberian Waktu Perawatan Terhadap Nilai CBR
(*unsoaked*) 56 pukulan

sumber keseragaman	db	jumlah kuadrat	kuadrat tengah	F hitung	F tabel	P-value
waktu perawatan	2	9.727874074	4.863937037	8.65349464	3.554557	0.002326518
kadar limbah	2	46.47702963	23.23851481	41.3439487	3.554557	1.86491E-07
Interaksi	4	1.973837037	0.493459259	0.87791989	2.927744	0.496525108
galat	18	10.1174	0.562077778			
Total	26	68.29614074				

Dari tabel analisis varian dua arah di atas, untuk terlihat bahwa untuk pengaruh penambahan limbah hancuran dinding dan pemberian waktu perawatan terhadap nilai CBR diperoleh bahwa $P\text{-Values} < \alpha = 5\%$ ($\alpha = 0.05$) dan $F \text{ hitung} > F \text{ tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti secara statistik penambahan limbah hancuran dinding sebagai bahan stabilisasi dan pemberian waktu perawatan memberikan pengaruh yang nyata terhadap Nilai CBR tanah lempung yang terdapat di kawasan kampus Universitas

Brawijaya. Sedangkan untuk interaksi antara penambahan limbah hancuran dinding dan pemberian waktu perawatan diperoleh bahwa $P\text{-Values} < \alpha = 5\%$ ($\alpha = 0.05$) dan F hitung $< F$ tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak yang berarti secara statistik interaksi antara penambahan limbah hancuran dinding dan pemberian waktu perawatan memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai CBR

4.4.1.2.2 CBR Rendaman

Tabel 4.14 Analisis Varian Dua Arah Pengaruh Penambahan Limbah Hancuran Dinding Dan Pemberian Waktu Perawatan Terhadap Nilai CBR

(*soaked*) 10 pukulan

sumber keseragaman	db	jumlah kuadrat	kuadrat tengah	F hitung	F tabel	P-value
waktu perawatan	2	2.934813397	1.467406698	27.8273866	3.554557	3.10917E-06
kadar limbah	2	0.547803848	0.273901924	5.19418015	3.554557	0.016564936
Interaksi	4	1.111813773	0.277953443	5.27101173	2.927744	0.005457454
galat	18	0.949184375	0.052732465			
Total	26	5.543615394				

Tabel 4.15 Analisis Varian Dua Arah Pengaruh Penambahan Limbah Hancuran Dinding Dan Pemberian Waktu Perawatan Terhadap Nilai CBR

(*soaked*) 25 pukulan

sumber keseragaman	db	jumlah kuadrat	kuadrat tengah	F hitung	F tabel	P-value
waktu perawatan	2	2.941170256	1.470585128	37.1218142	3.554557	4.10228E-07
kadar limbah	2	1.208866556	0.604433278	15.2576409	3.554557	0.000133213
Interaksi	4	3.1401408	0.7850352	19.8165548	2.927744	2.12164E-06
galat	18	0.713072163	0.03961512			
Total	26	8.003249774				

Tabel 4.16 Analisis Varian Dua Arah Pengaruh Penambahan Limbah Hancuran Dinding Dan Pemberian Waktu Perawatan Terhadap Nilai CBR

(*soaked*) 56 pukulan

sumber keseragaman	db	jumlah kuadrat	kuadrat tengah	F hitung	F tabel	P-value
waktu perawatan	2	3.696259095	1.848129547	8.67435334	3.554557	0.002301923
kadar limbah	2	1.304395249	0.652197625	3.06114507	3.554557	0.071727504
Interaksi	4	7.562525199	1.8906313	8.87383893	2.927744	0.000385431
galat	18	3.835021533	0.213056752			
Total	26	16.39820108				

Dari tabel analisis varian dua arah di atas, untuk terlihat bahwa untuk pengaruh penambahan limbah hancuran dinding dan pemberian waktu perawatan terhadap nilai CBR diperoleh bahwa $P\text{-Values} < \alpha = 5\%$ ($\alpha = 0.05$) dan F hitung $> F$ tabel, maka H_0 ditolak

dan H_1 diterima yang berarti secara statistik penambahan limbah hancuran dinding sebagai bahan stabilisasi dan pemberian waktu perawatan memberikan pengaruh yang nyata terhadap Nilai CBR tanah lempung yang terdapat di kawasan kampus Universitas Brawijaya. Sedangkan untuk interaksi antara penambahan limbah hancuran dinding dan pemberian waktu perawatan diperoleh bahwa $P\text{-Values} > \alpha = 5\%$ ($\alpha = 0.05$) dan F hitung $< F$ tabel, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak yang berarti secara statistik interaksi antara penambahan limbah hancuran dinding dan pemberian waktu perawatan memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai CBR.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan penelitian, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

- 1) Secara umum penggunaan Limbah hancuran dinding sebagai bahan stabilisasi untuk tanah lempung dapat menyebabkan :
 - a) Menurunkan nilai batas cair dan sebaliknya dapat menaikkan nilai batas plastis dan batas susut tanah sehingga kondisi ini dapat menyebabkan penurunan yang besar terhadap nilai indeks plastisitas tanah. Berkurangnya nilai indeks plastisitas (sifat plastisitas) .
 - b) Meningkatnya nilai CBR (*unsoaked*) tanah dengan membentuk sebuah kurva yang menampakan nilai optimum seiring dengan waktu perawatan
- 2) Sedangkan secara khusus penggunaan Limbah hancuran dinding sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung akan menghasilkan beberapa hasil, sebagai berikut:

b) Nilai CBR tanah

- CBR tanpa rendaman (*unsoaked*)

Semakin bertambah limbah hancuran dinding dan waktu perawatan akan memberikan peningkatan nilai CBR tanah. Kenaikan tertinggi nilai CBR tanah terjadi pada perlakuan penambahan limbah hancuran dinding 3% dan waktu perawatan 14 hari yaitu untuk uji CBR 56 pukulan sebesar 20.68 %. Untuk uji CBR 10 pukulan sebesar 11.45 % (bertambah sebesar 5.37 % dari nilai CBR tanah asli, yaitu 9.69 %). Untuk uji CBR 25 pukulan sebesar 16.09 % (bertambah sebesar 17.96 % dari nilai CBR tanah asli 13.20 %). Untuk uji CBR 56 pukulan sebesar 20.68 % (bertambah sebesar 17.96 % dari nilai CBR tanah asli 18.93%).

5.1 Saran

Setelah mempelajari dan memahami hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disampaikan saran-saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut. Adapun saran-saran yang dapat disampaikan penyusun berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan kadar limbah hancuran dinding lebih besar dari 6% dan waktu perawatan lebih dari 14 hari agar didapatkan perlakuan yang memberikan hasil yang optimal. Selain itu, dapat diketahui pula perilaku tanah lempung selanjutnya, apakah kekuatannya akan terus naik atau malah menjadi turun.
- 2) Seharusnya pertambahan prosentase campuran diikuti dengan kenaikan berat volume kering namun pada kasus ini pertambahan prosentase dari 0% ke 3% dan 6% berat volume kering terjadi penurunan diperkirakan ada penyimpangan atau kenaikan % campuran tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap kenaikan berat volume kering.
- 3) Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan bahan stabilisasi yang berbeda dan belum pernah digunakan, serta dengan kadar yang lebih bervariasi.
- 4) Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan lebih memperhatikan metode pencampuran antara tanah asli dengan bahan stabilisasi agar diperoleh efisiensi campuran yang sebaik-baiknya.
- 5) Untuk memperkecil kesalahan relatif dalam melakukan penelitian, hendaknya diperhatikan masalah ketelitian, ketepatan prosedur, dan penguasaan alat penguji agar diperoleh hasil pengamatan yang tepat dan akurat.
- 6) Untuk nilai CBR rendaman (*soaked*) tidak didapatkan perubahan yang berarti pada seluruh perlakuan. Hal ini ditunjukkan dengan adanya fluktuasi nilai CBR pada masing-masing perlakuan terhadap tanah asli