

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kondisi Tanah

Penelitian ini ditujukan untuk memperbaiki keadaan tanah yang berada di Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro seperti yang sudah kita jelaskan di latar belakang pada bab 1, menurut hasil penelitian awal, tanah di daerah tersebut merupakan tanah lempung ekspansif karena tanah tersebut memiliki nilai kembang susut yang tinggi, permeabilitas rendah, nilai kohesi tinggi, dan nilai IP (*Index Plastisitas*) tinggi. Hal ini sesuai pada sifat-sifat tanah lempung.

#### 2.1.1 Sifat-sifat tanah lempung

Sifat-sifat tanah lempung (Hardiyatmo, 1999) :

1. Ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm,
2. Permeabilitas rendah,
3. Kenaikan air kapiler tinggi,
4. Bersifat sangat kohesif,
5. Kadar kembang susut yang tinggi
6. Proses konsolidasi lambat.

Tanah berbutir halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan akan lebih besar pada lempung yang dipadatkan kering optimum daripada yang dipadatkan pada basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relatif kekurangan air oleh karena itu lempung ini mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk meresap air sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang (Hardiyatmo, 1999).

Berikut ini adalah senyawa kimia yang terdapat pada tanah lempung:

**Tabel 2.1** Komposisi senyawa kimia pada tanah lempung

Unsur Kimia	Lempung (%)
SiO <sub>2</sub>	75,4
CaO	0,70
MgO	0,71
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,10

Sumber : Laboratorium Kimia FMIPA USU, 2001

Untuk mengetahui sifat tanah lempung di lapangan tergolong ekspansif atau tidak dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Kriteria Raman ini menggolongkan batas – batas Atterberg pada tanah ekspansif dengan menggunakan dua parameter yaitu PI (*Plasticity Index*) dan SL (*Shrinkage Limit*).

**Tabel 2.2** Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan IP dan SL

Plasticity Index (%)	Shrinkage Index (%)	Degree Of Ekspansion
< 12	< 15	Low
12 – 23	15 – 30	Medium
23 - 30	30 – 40	High
> 30	> 40	Very High

Sumber : Raman (1967)

Pada kriteria Chen nilai *swelling potensial* pada tanah ekspansif hanya didasarkan pada parameter PI (Plasticity Index) saja.

**Tabel 2.3** Kriteria Pengembangan Berdasarkan IP

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

Sumber : Chen (1988)

Skempton (1953) mendefinisikan suatu besaran yang dinamakan Aktivitas (A) sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang tanah lempung. Aktivitas (A) merupakan besaran yang menggambarkan hubungan antara Indeks Plastisitas (IP) dan persen butiran yang lolos ayakan 2 $\mu$ .

$$A = \frac{IP}{c-10} \quad (2-1)$$

dimana:

A = Aktivitas

IP = Indeks Plastisitas

C = prosentase fraksi lempung < 0,002 mm

Jika nilai  $A < 0,75$  digolongkan tidak aktif, nilai  $0,75 > A > 1,25$  maka digolongkan normal, sedangkan  $A > 1,25$  digolongkan aktif.

Potensi pengembangan (*Swelling Potential*) tanah lempung dapat diprediksi dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Seed, Woodward, dan Lundgren (1962) dalam jurnal ASCE (*American Society of Civil Engineers*) berjudul

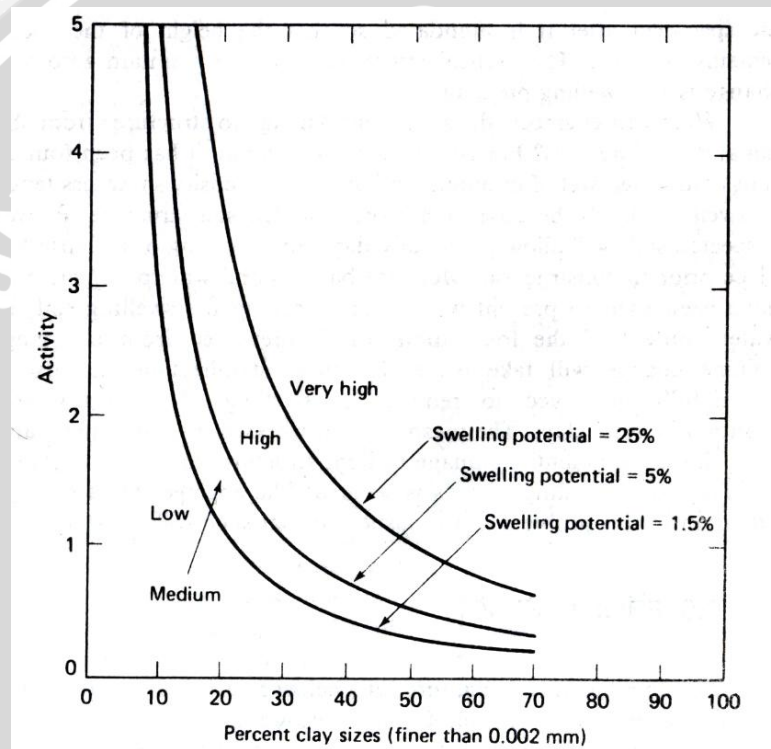
“Prediction of Swelling Potential for Compacted Clays”. Dalam jurnal tersebut, digambarkan hubungan antara potensi pengembangan, aktivitas, dan prosentase fraksi lempung dengan persamaan berikut:

$$S = (3,6 \times 10^{-5})(A^{2,44})(C^{3,44}) \quad (2-2)$$

dimana:

- S = Potensi Pengembangan (%)
- A = Aktivitas
- C = prosentase fraksi lempung < 0,002 mm

Dari persamaan tersebut akan terbentuk kurva seperti pada gambar 2.1.



**Gambar 2. 1** Grafik klasifikasi untuk potensi pengembangan lempung (Seed, dkk., 1962)

Berdasarkan kurva tersebut, derajat pengembangan tanah lempung dikategorikan sebagai berikut:

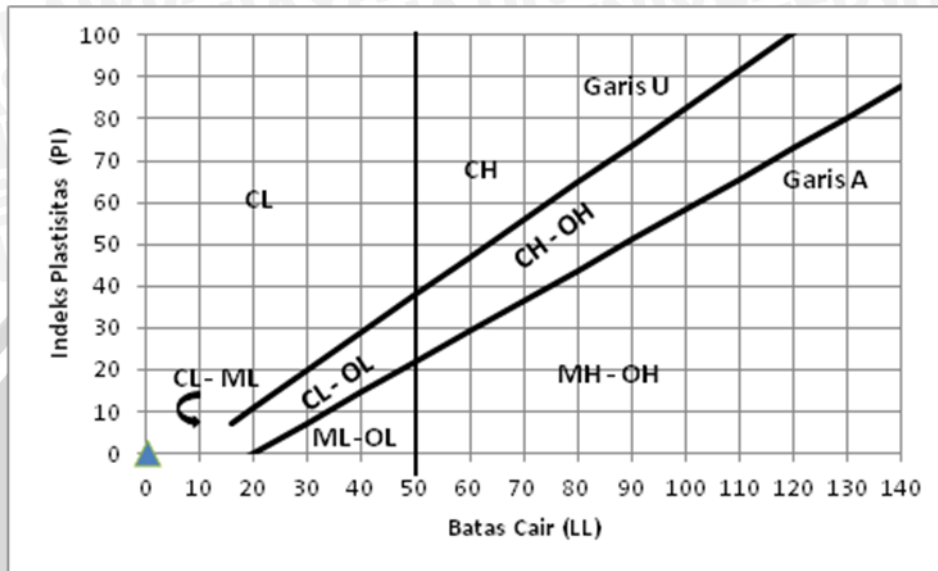
**Tabel 2. 4** Kriteria tanah ekspansif menurut Seed, dkk (1962)

Derajat Pengembangan	Potensi Pengembangan (%)
Rendah	0-1,5
Sedang	1,5-5
Tinggi	5-25
Sangat Tinggi	>25

Sumber: Seed, dkk. , 1962

## 2.2 Klasifikasi Tanah Sistem *Unified*

Sistem klasifikasi tanah berdasarkan hasil hasil laboratorium yang paling banyak dipakai secara meluas adalah sistem Unified Soil Classification. Ada dua golongan besar, tanah tanah yang berbutir kasar < 50 % melalui saringan No 200 dan tanah tanah berbutir halus > 50 % melalui saringan no 200.



Gambar 2. 2 Grafik klasifikasi tanah sistem unified

## 2.3 Stabilisasi tanah

Metode stabilisasi yang banyak digunakan adalah stabilisasi mekanis dan kimiawi. Stabilisasi mekanis yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan cara perbaikan struktur dan perbaikan sifat-sifat mekanis tanah, sedangkan stabilisasi kimiawi yaitu menambah kekuatan dan kuat dukung tanah dengan jalan mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat teknis tanah yang kurang menguntungkan dengan cara mencampur tanah dengan bahan kimia seperti semen, kapur, *pozzolan*, atau slag.

Sifat-sifat fisis tanah seringkali dapat diperbaiki dengan secara ekonomis dengan menggunakan bahan campuran. Beberapa bahan campuran yang digunakan secara luas meliputi kapur, abu batubara, aspal, semen Portland, dan lain-lain. Stabilisasi dengan semen cocok untuk tanah yang tidak kohesif, yaitu tanah berpasir atau kerikil yang mengandung sedikit tanah berbutir halus, sedangkan kapur dan *pozzolan* cocok untuk tanah kohesif (Soedarmo dan Purnomo, 1997). Kapur yang biasa digunakan dalam stabilisasi adalah kapur hidup (*quicklime*, CaO) maupun kapur padam (*calcium hydroxide*, Ca(OH)<sub>2</sub>) yang merupakan produk pembakaran batu kapur.

Secara garis besar stabilisasi dengan kapur akan menaikkan kekuatan, kekakuan, dan tahan lama dari tanah-tanah butir halus. Lagi pula kapur kadang-kadang digunakan untuk menaikkan sifat-sifat fraksi halus dari tanah-tanah granuler. Kapur juga telah digunakan sebagai stabiliser bagi tanah-tanah di bawah lapis dasar dari sistem lapis perkerasan, di bawah pondasi beton, pada lereng embankmen dan pelapis saluran.

Kapur menghasilkan penurunan indeks plastisitas. Kekuatan lempung basah dapat dinaikan dengan jumlah yang tepat. Kenaikan kekuatan ini diakibatkan sebagian oleh penurunan sifat-sifat plastis dari lempung dan sebagian oleh reaksi pozzolanis dari kapur dengan tanah, yang menghasilkan bahan stabiliser. (Dunn, 1992)

#### 2.4 *Slag* baja sebagai stabilizer

Diatas telah dijelaskan bagaimana materi kapur sangat baik sebagai stabilizer, tetapi pada penelitian ini kita tidak akan menggunakan kapur karena alasan ekonomis. Dalam penelitian ini kita akan menggunakan *slag* baja. *Slag* baja adalah batuan kasar berbentuk kubikal tidak teratur. Batuan ini terbentuk dari mineral-mineral yang digunakan sebagai pemurnian baja. Batuan *slag* baja mempunyai kekerasan yang tinggi dan digabung dengan permukaan yang kasar. Pemrosesan *slag* adalah proses pelaburan baja yang mengakibatkan terbentuknya *slag* dibagian atas, kemudian *slag* dialirkan dan ditampung dalam *slag* pot pada kondisi cair. Dalam waktu 5 menit *slag* membeku. Agar terbentuk serpihan, *slag* yang terhampar disemprot dengan air. Perubahan suhu yang mendadak membuat *slag* pecah, kemudian *slag* yang berbentuk serpihan dimasukkan ke dalam processing plant agar menjadi granular.

Alasan lain menggunakan bahan ini karena *slag* merupakan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), limbah ini masih jarang digunakan, hal ini akan sangat lebih bergahaya jika limbah tersebut hanya ditimbun, sehingga unsur-unsur berbahaya akan larut dan hanyut bersama hujan sehingga mungkin akan masuk kedalam saluran pembuangan dan saluran irigasi yang dapat merusak lingkungan.

Penentuan *slag* baja sebagai limbah beracun sebenarnya masih tergantung masing-masing negara. Contohnya saja negara Korea dan Jepang telah menggunakan *slag* untuk mengguruk pantai, hal ini dapat diperkuat karena menurut *The Federal Register* (1980), telah dilakukan pengujian terhadap bahan *slag* dengan metode EPA standard, yang menyatakan *slag* tidak berbahaya dengan hasil sebagai berikut: Tidak mudah terbakar, mempunyai PH 7,9 (tidak korosif), tidak bersifat reaktif dan bersifat racun yaitu mengandung sianida atau sulfide.

Berikut ini merupakan sifat-sifat slag baja (Purna Baja Heket, 2001):

1. Permukaan slag kasar dan berlubang, disebabkan karena terperangkapnya gas ketika slag panas mengalami proses pendinginan.
2. Tahan terhadap tekanan, baik sebagai campuran perkerasan jalan maupun lapis pondasi, sehingga pada keadaanlalulintas berat tidak terjadi kerusakan.
3. Mempunyai daya adhesi yang tinggi terhadap aspal karena agregat slag mempunyai permukaan yang kasar, sehingga kekesatannya lebih tinggi daripada agregat standar;.
4. Tahan terhadap pelapukan, karena telah mengalami pemanasan yang tinggi dapat digunakan untuk berbagai macam konstruksi perkerasan jalan.

Untuk melihat komposisi kimia dari agregat slag dan kapur (dalam percobaan ini bahan yang diambil adalah gamping), dilakukan pengujian kimia dapat dilihat pada

**Tabel 2.5** Pengujian komposisi kimia

Komposisi	Slag (%)	Gamping (%)
SiO <sub>2</sub>	18,66	2,84
CaO	27,36	48,99
MgO	4,6	0,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,4	0,09
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,35	0,49
PH	7	8,5

Sumber, ASA 2002, Soeharno 1997

Dilihat dari tabel diatas, kadar komposisi *slag* baja ini mengandung SiO<sub>2</sub> dan CaO. Sifat ini hampir sama dengan bahan-bahan tambah yang biasa digunakan untuk stabilisasi tanah seperti kapur, semen, clean set, pasir, tras dan yang lainnya yang kesemuanya merupakan bahan pozzolan. Diharapkan dengan kandungan yang dimiliki oleh *slag* baja tersebut akan terjadi reaksi kimia antara *slag* baja dengan mineral lempung dan mampu menghasilkan tanah yang memiliki sifat-sifat teknis yang lebih baik. Salah satu reaksi yang diharapkan terjadi adalah :



Penambahan bahan pozzolan pada deposit lempung terutama pada lempung yang mengalami perubahan volume yang besar, sehingga akan mengakibatkan perubahan ion Ca<sup>++</sup> untuk mengurangi kegiatan mineral lempung tersebut. Tanah yang diperlakukan dengan cara ini dapat mengalami penurunan Indeks Plastis (PI) dan penyusutan dan/atau pemuaiian yang cukup berarti, tergantung pada jumlah bahan tambah yang digunakan. (Noegroho Djarwanti, 2006)



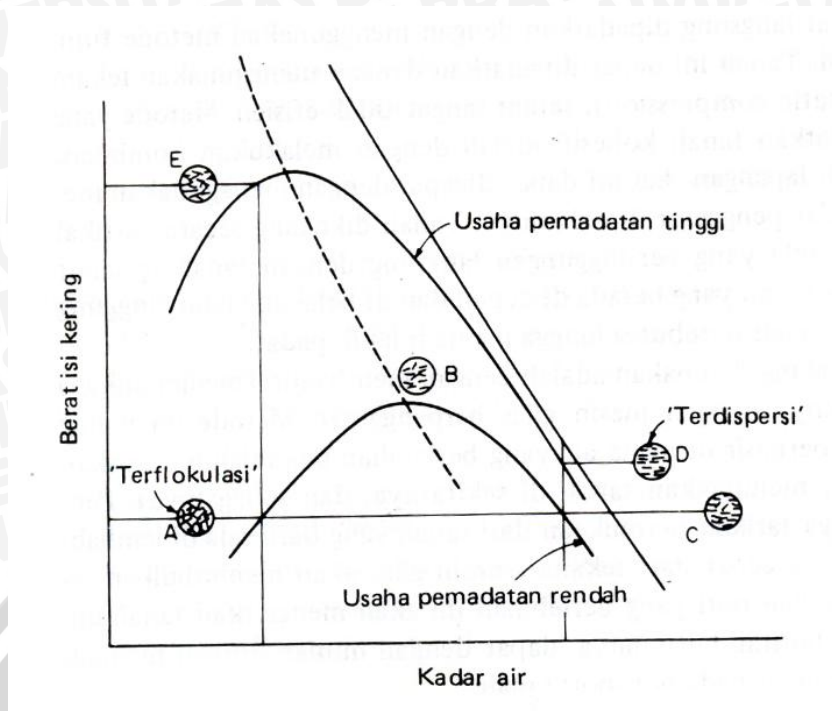
Tingkat kadar air yang terkandung didalam bahan tanah sangat mempengaruhi kekuatan bahan. Demikian pula tingkat kepadatan tanah sangat mempengaruhi kekuatannya dimana semakin besar berat isi kering suatu bahan, maka kekuatan gesernya akan semakin tinggi. (Sosrodarsono,1994)

*Slag* baja mempunyai sudut geser yang tinggi yaitu antara  $40^{\circ}$  sampai  $45^{\circ}$  dan memberikan kontribusi untuk daya dukung yang tinggi (California Bearing Capacity (CBR)).([www.tfhc.Gov/hnr20/recycle/waste/bfs.htm](http://www.tfhc.Gov/hnr20/recycle/waste/bfs.htm)) [26 Agustus 2012]

Berpegangan dari ketiga teori diatas, kita dapat menduga jika tanah lempung dicampur dengan *slag* baja (dengan komposisi tertentu), maka sifat-sifat mekanis dan fisis tanah tersebut akan akan berubah, demikian juga dapat memperbaiki nilai CBR dan *swelling*.

## 2.5 Tanah Kohesif yang Dipadatkan

Tanah kohesif yang dipadatkan memiliki struktur dan sifat yang sangat bergantung pada metode pemadatan, CE (*compection effort and energy*), dan kadar air pada saat pemadatan. Biasanya kadar air selama pemadatan tanah dihubungkan dengan OMC sebagai lebih kering dari optimum, optimum, atau lebih basah dari optimum. Pada CE yang sama, dengan kadar air lebih basah dari optimum, struktur tanah akan lebih terdispersi. Pada keadaan lebih kering dari optimum, tanah akan cenderung membentuk struktur yang berflokulasi (*card house*). Apabila usaha pemadatan diperbesar, teksturnya akan semakin terdispersi walaupun kadar airnya tetap konstan seperti terlihat pada titik E pada gambar 2.1. Perhatikan juga bahwa tekstur tersebut jauh lebih terdispersi pada titik C dibandingkan pada titik A untuk CE yang sama, tetapai dengan dengan perubahan kadar air yang besar dari keadaan lebih kering menjadi lebih basah dari optimum. (Lambe, 1958; Seed dan Chan 1959).



**Gambar 2.3** Pengaruh kualitatif dari pemadatan terhadap tekstur dan struktur tanah

**Gambar 2.3** Pengaruh kualitatif dari pemadatan terhadap tekstur dan struktur tanah

Percobaan di laboratorium menunjukkan bahwa pemuaiannya ternyata lebih besar dan penyusutan lebih kecil untuk lempung yang dipadatkan pada bagian lebih kering dari optimum, ini disebabkan oleh kombinasi tekstur yang berflokulasi, kepekaan terhadap penambahan air pada titik sentuh, dan kadar air referensi yang lebih rendah untuk pemuaiannya. Lambe (1958) menjelaskan bahwa struktur berflokulasi yang dihasilkan pada keadaan lebih kering dari optimum mempunyai lebih banyak akumulasi rekatan antar partikel akibat kurangnya air jika dibandingkan dengan tekstur terdispersi pada keadaan yang lebih basah dari OMC.

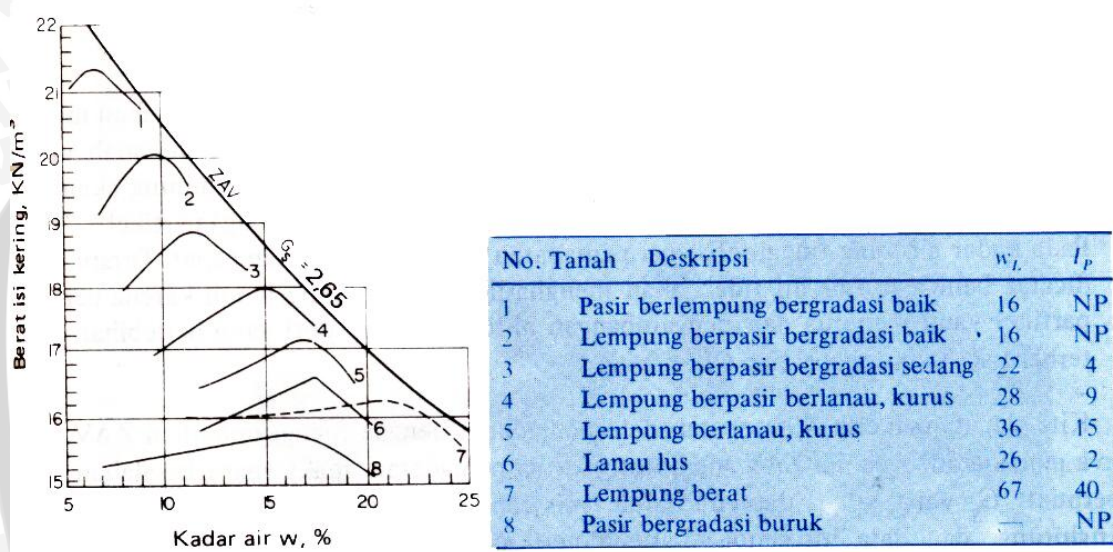
Pada kekuatan yang telah ditentukan, katakanlah, oleh regangan 5%, lempung yang dipadatkan pada keadaan lebih kering dari optimum akan menghasilkan kekuatan yang lebih besar. Apabila lempung yang dipadatkan pada keadaan yang lebih kering dari optimum itu kemudian dijenuhkan, kekuatannya juga akan lebih besar jika dibandingkan dengan lempung yang dipadatkan pada keadaan lebih basah. Ini berarti pemuaiannya bukan merupakan suatu masalah, tanah harus dipadatkan sampai kadar airnya lebih kering dari optimum.



## 2.6 Lingkup Penelitian

### 2.6.1 Teori Pemadatan

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Usaha pemadatan dan energi pemadatan [compection effort and energy (CE)] adalah tolak ukur energi mekanis yang dikerjakan terhadap suatu masa tanah. Semua tanah yang telah mengalami uji pemadatan menunjukkan kurva berat isi kering dan kadar air, untuk setiap jenis tanah yang berbeda akan memiliki bentuk kurva yang berbeda pula, lebih jelasnya dapat kita lihat pada gambar 2.1.



**Gambar 2.4** Kurva-kurva pemadatan untuk beberapa jenis tanah

Pada gambar diatas dijelaskan bahwa apabila presentase tanah yang lolos saringan no. 200 (tanah 4 sampai dengan tanah 7) bertambah, maka berat isi kering akan turun dengan cepat. Berat isi yang rendah untuk tanah 8 menunjukkan kesukaran dalam pemadatan pasir dengan tumbuka (Johnson dan Sallberg, 1960)

Beberapa literatur mengatan bahwa pemakaian kembali tanah yang telah diuji jika dibandingkan dengan tanah yang baru dapat menghsilkan perbedaan berat isi sampai sebesar 0,3 hingga 1,3  $\text{Kn/m}^3$ , waktu pencampuran juga perlu diperhatikan, apabila didalam pencampuran waktu yang digunakan sekitar 15 menit dan tanah untuk pengujian awal dicampur dengan sejumlah air dan didiamkan semalaman, maka hanya terdapat sedikit perbedaan, baik tanah tersebut merupana tanah yang pernah diuji ataupun tanah yang masih baru karena jika waktu pencampuran lebih lama maka kerapatan maksimum yang diperoleh akan lebih besar, karena apabila lebih lama dicampur maka struktur lempung akan lebih tersebar.

## 2.6.2 Uji CBR

*California Bearing Ratio* (CBR) adalah merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (*test load*) dengan beban standar (*standar load*) dan dinyatakan dalam persen. Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100 % dalam memikul beban lalu lintas.

Nilai CBR adalah salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kuat dukung tanah dasar dalam perencanaan lapis perkerasan. Bila tanah dasar memiliki nilai CBR yang tinggi, praktis akan mengurangi ketebalan lapis perkerasan yang berada di atas tanah dasar (*subgrade*), begitu pula sebaliknya.

Menurut Soedarmo dan Purnomo (1997), CBR dapat dibagi sesuai dengan cara mendapatkan contoh tanahnya yaitu CBR lapangan (*CBR in place* atau *field CBR*), CBR lapangan rendaman (*undisturbed soaked CBR*) dan CBR laboratorium (*laboratory CBR*). CBR laboratorium dibedakan menjadi dua macam yaitu CBR laboratorium rendaman (*soaked laboratory CBR*) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked laboratory CBR*).

Penentuan nilai CBR dilaksanakan terhadap contoh tanah yang sudah dipadatkan dengan pemadatan standar. Apabila nilai CBR ditentukan dengan rendaman maka perendaman dilaksanakan selama 4 hari (96 jam). Uji CBR metode rendaman adalah untuk mengasumsikan keadaan hujan atau saat kondisi terjelek di lapangan yang akan memberikan pengaruh penambahan air pada tanah yang telah berkurang airnya, sehingga akan mengakibatkan terjadinya pengembangan (*swelling*) dan penurunan kuat dukung tanah.

Hasil pengujian dapat diperoleh dengan mengukur besarnya beban pada penetrasi tertentu. Besarnya penetrasi sebagai dasar menentukan CBR adalah penetrasi 0,1” dan 0,2”, dihitung dengan persamaan berikut :

a. Penetrasi 0,1” (0,254 cm)

$$\text{CBR (\%)} = \frac{P_1}{1000} \times 100\%$$

b. Penetrasi 0,2” (0,508 cm)

$$\text{CBR (\%)} = \frac{P_2}{1500} \times 100\%$$

dengan :

P1 : tekanan uji pada penetrasi 0,1” (g/cm<sup>3</sup> atau psi)

P2 : tekanan uji pada penetrasi 0,2” (g/cm<sup>3</sup> atau psi)

### 2.6.3 Uji *swelling*

Swelling adalah bertambahnya volume tanah secara perlahan-lahan akibat tekanan air pori berlebih negatif. Tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Perubahan itulah yang membahayakan pembangunan. Tingkat pengembangan secara umum bergantung pada beberapa faktor, yaitu:

1. Tipe dan jumlah mineral yang ada di dalam tanah.
2. Kadar air
3. Susunan tanah
4. Konsentrasi garam dalam pori
5. Sementasi
6. Adanya bahan organik.

Secara umum sifat kembang susut tanah lempung tergantung pada sifat plastisitasnya, semakin plastis mineral lempung semakin potensial untuk menyusut dan mengembang.

## 2.7 Penelitian terdahulu

### 2.7.1 Noegroho Djarwanti (2006)

Dalam membangun suatu jalan tanah dasar merupakan bagian yang sangat penting, karena tanah dasar akan mendukung seluruh beban lalu lintas/beban konstruksi di atasnya.

Jika tanah dasar yang ada berupa tanah lempung yang mempunyai daya dukung (kepadatan kering, CBR) rendah, maka bangunan yang ada sering mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh kondisi tanah. Tanah dengan nilai kembang susut yang tinggi, air sangat berpengaruh sekali terhadap perilaku fisis dan mekanis tanah (Das, 1994). Oleh karena itu perlu diadakan perbaikan tanah.

Beberapa bentuk perbaikan tanah adalah dengan pembebanan statis maupun dinamis, perataan, drainase, menggunakan bahan-bahan campuran (semen, fly ash, gamping) dan lain sebagainya. Pada penelitian ini tanah yang diambil sebagai sampel adalah tanah lempung untuk ditinjau perubahan parameter kuat gesernya apabila dicampur dengan slag baja. Slag baja merupakan limbah padat tanur tinggi pada pembuatan besi atau baja, berbentuk butiran padat dengan ukuran yang bervariasi dengan karakteristik permukaan yang kasar, padat, keras, serta kemampuan absorpsinya rendah.

Kadar komposisi limbah tanur tinggi ini mengandung SiO<sub>2</sub> dan CaO. Sifat ini hampir sama dengan bahan-bahan tambah yang biasa digunakan untuk stabilisasi tanah seperti semen, kapur, clean set, pasir, tras dan yang lainnya yang kesemuanya merupakan bahan pozzolan. Diharapkan dengan kandungan yang dimiliki oleh slag baja tersebut akan terjadi reaksi kimia antara slag dengan mineral lempung dan mampu menghasilkan tanah yang memiliki sifat-sifat teknis yang lebih baik. Salah satu reaksi yang diharapkan terjadi adalah :

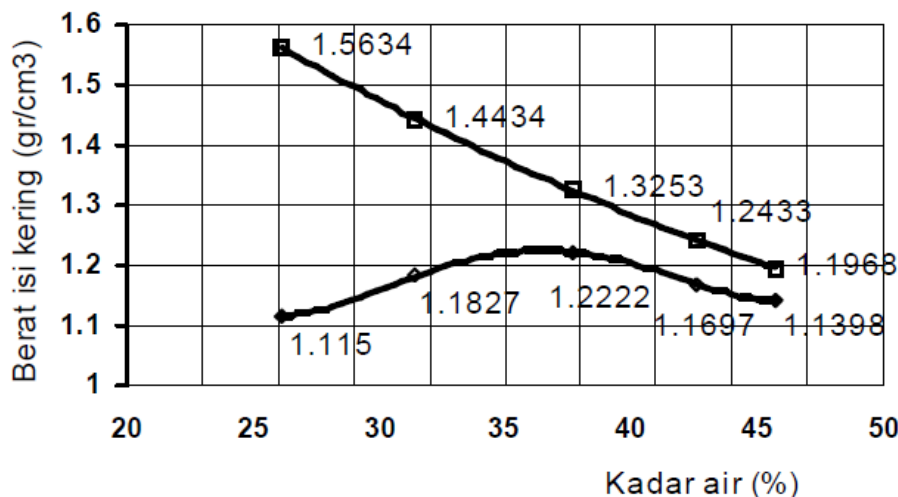


Penambahan bahan pozzolan pada deposit lempung terutama pada lempung yang mengalami perubahan volume yang besar, sehingga akan mengakibatkan perubahan ion Ca<sup>++</sup> untuk mengurangi kegiatan mineral lempung tersebut. Tanah yang diperlakukan dengan cara ini dapat mengalami penurunan Indeks Plastis (PI) dan penyusutan dan/atau pemuaiannya yang cukup berarti, tergantung pada jumlah bahan tambah yang digunakan. Tidak hanya itu saja, penelitian ini juga diharapkan dapat meningkatkan nilai CBR di dalam tanah dan menurunkan swelling pada tanah.

Sebagai dasar untuk melakukan penelitian diatas kita dapat melihat pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Noegroho Djarwanti (2006), walaupun penelitian ini hanya melihat pengaruh terhadap parameter kuat geser tanah lempung sebenarnya sama saja, karena Tingkat kadar air yang terkandung didalam bahan tanah sangat mempengaruhi kekuatan bahan tersebut dan pada pengujian geser tampak jelas perbedaan suatu beban dalam kondisi air yang berbeda. Demikian pula tingkat kepadatan tanah sangat mempengaruhi kekuatannya dimana semakin besar berat isi kering suatu bahan, maka kekuatan gesernya akan semakin tinggi. (Sosrodarsono,1994) ACBFS mempunyai sudut geser yang tinggi yaitu antara 40<sup>0</sup> sampai 45<sup>0</sup> dan memberikan kontribusi untuk daya dukung yang tinggi (California Bearing Capacity (CBR) lebih dari 100%).

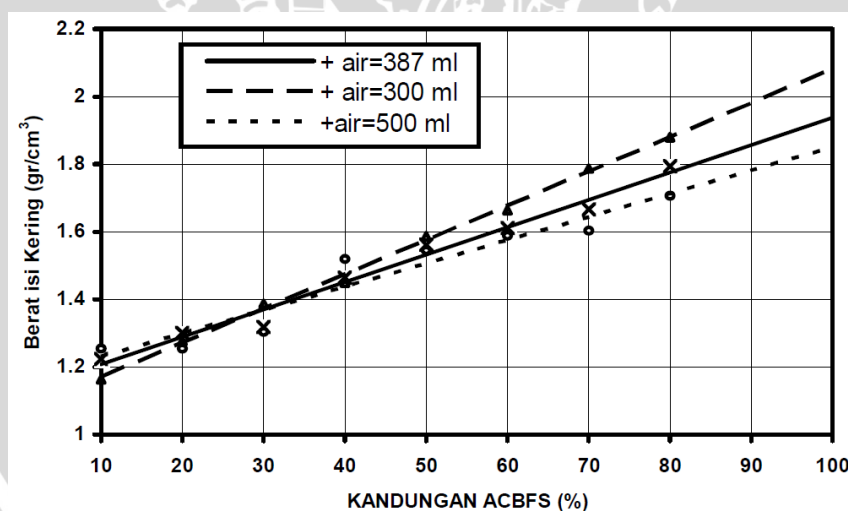
Pada penelitiannya Noegroho menggunakan lima sample dengan campuran ACBSF sebanyak 0%, 30%, 50%, 70%, dan 100%, hasil dari penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil *standard proctor test* pada sampel tanah adalah :



**Gambar 2.5** Grafik hasil uji pemadatan proctor standart tanah asli

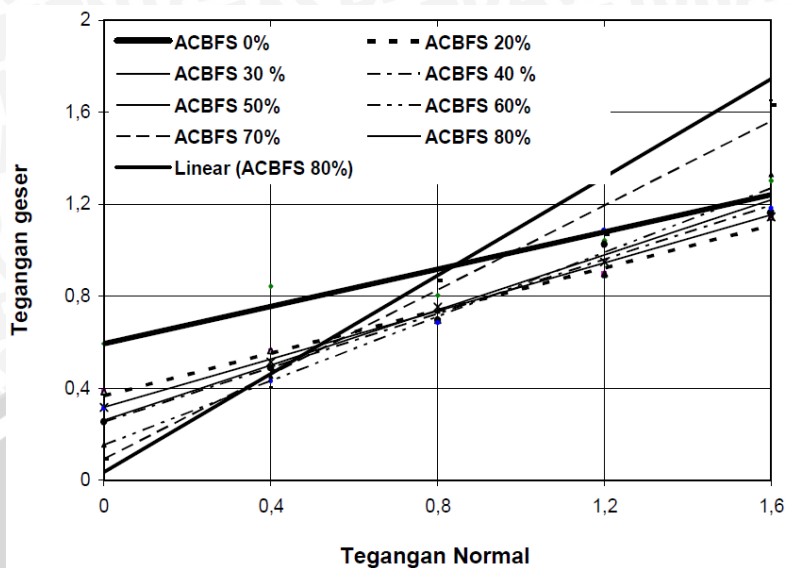
Berdasarkan grafik diatas diperoleh berat isi kering ( $\gamma_d$ ) maksimum sebesar 1,222 gr/cm<sup>3</sup> dengan kadar air optimum sebesar 37,6433 % pada penambahan air sebesar 400 ml, sehingga ditetapkan penambahan air optimum yang menghasilkan berat isi kering maksimum adalah pada nilai 387 ml. Nilai ini sebagai refrensi yang akan digunakan pada uji utama.



**Gambar 2.6** Grafik hubungan ACBFS dengan berat isi kering pada tiga kondisi penambahan air.

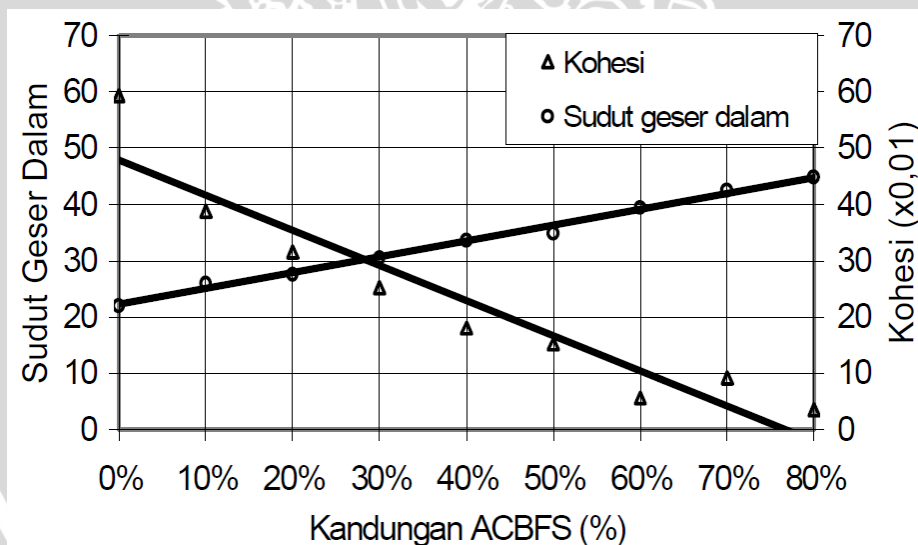
Nilai berat isi kering dari komposisi ACBFS 0% sampai 80% makin besar, baik dalam kondisi diatas dan dibawah kadar air optimum. Ini berarti bahea dengan penambahan ACBFS mampu merapatkan butiran-butiran tanah dan mengurangi pori-pori udara sehingga tanah mempunyai tingkat kepadatan yang lebih tinggi dibanding sebelumnya.

2.



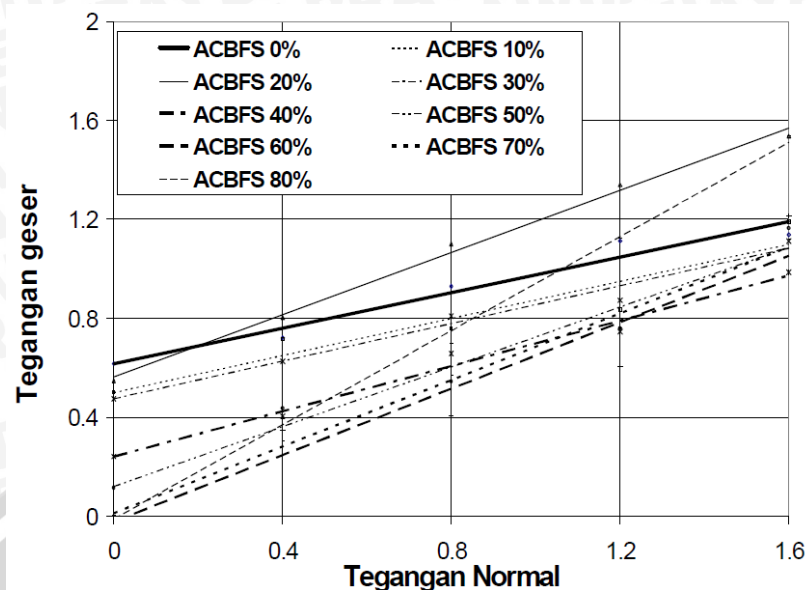
**Gambar 2.7** Grafik bidang keruntuhan geser hasil pengujian direct shear pada kondisi pemanbahan air optimum (387 ml)

3.



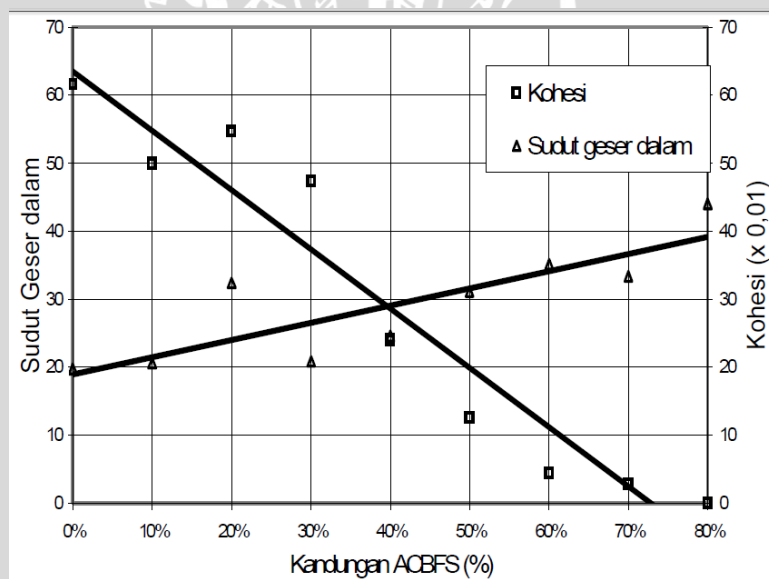
**Gambar 2.8** Grafik hubungan kohesi-sudut geser dalam dengan ACBFS pada pemanbahan air seberar 387 ml.

4.



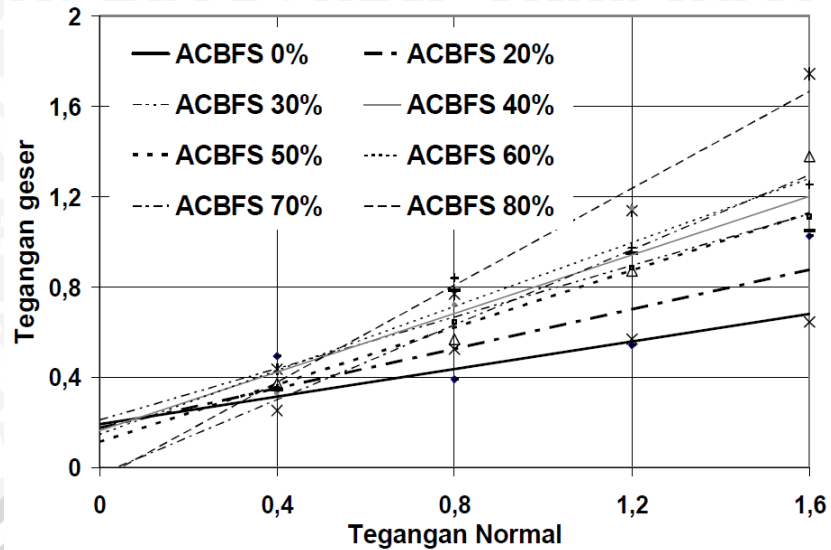
Gambar 2.9 Grafik hasil pengujian direct shear pada penambahan air 500 ml.

5.



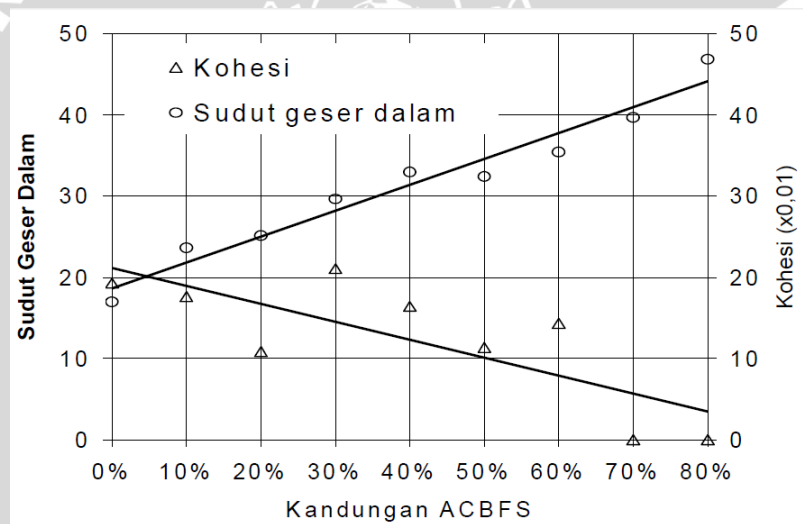
Gambar 2.10 Grafik hubungan koheksi-sudut geser dalam dengan ACBFS pada pemanbahan 500 ml.

6.



Gambar 2.11 Grafik direct shear pada pemanaban air 300 ml.

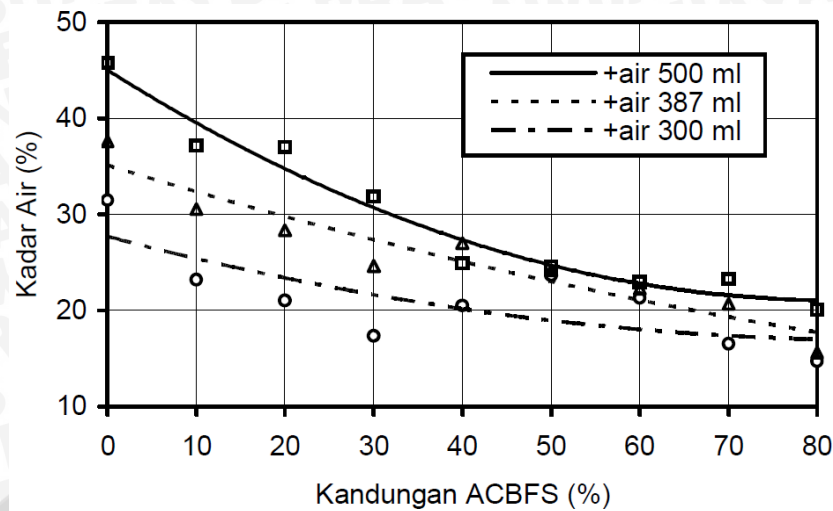
7.



Gambar 2.12 Grafik hubungan kohesi-sudut geser dalam dengan ACBFS pada penambahan 300 ml air.

8.





**Gambar 2.13** Grafik hubungan kadar air dengan komposisi ACBFS

Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Nilai berat isi kering ( $\gamma_d$ ) dari komposisi ACBFS 0% sampai 80% makin besar, baik pada kondisi kadar air optimum maupun pada kondisi diatas dan dibawah kadar air optimum. Ini berarti bahwa dengan penambahan ACBFS mampu merapatkan butiran-butiran tanah dan mengurangi pori-pori udara sehingga tanah mempunyai tingkat kepadatan yang lebih tinggi dibanding sebelumnya.
2. Penambahan ACBFS pada tanah lempung akan meningkatkan berat isi keringnya dan meningkatkan nilai sudut geser dalamnya tapi menurunkan nilai kohesinya. Hal ini terjadi karena terjadinya perubahan distribusi butiran halus menjadi tanah berbutir kasar sesuai dengan banyaknya penambahan ACBFS.

### 2.7.2 Hartati, Fristin Yohana M (2009)

Beton aspal (*Asphaltic Concrete/AC*), merupakan salah satu jenis perkerasan lentur yang menggunakan gradasi agregat menerus dari butir yang kasar sampai yang halus. Campuran ini mengandalkan kekuatannya pada agregat-agregat yang saling *interlocking*.

Ditinjau dari segi ekonomis dalam pekerjaan pembuatan perkerasan jalan raya tanpa mengurangi kekuatan konstruksi jalan tersebut, maka penulis mencoba mencari alternatif lain yang dapat digunakan sebagai pengganti agregat kasar yaitu dengan menggunakan batuan steel slag dari limbah industri baja yang amat sayang jika tidak dimanfaatkan, karena limbah ini tentu akan menjadi masalah lingkungan. Dari permasalahan tersebut, maka penulis melakukan penelitian seberapa jauh

pemanfaatan batuan steel slag terhadap kemudahan pelaksanaan (*workability*), dan tingkat keawetan (*durability*) pada campuran Aspal Beton (*Asphaltic Concrete*).

Bahan bahan yang digunakan adalah berasal dari limbah industri baja dan aspal AC 60/70 merupakan produksi Pertamina. Peralatan yang digunakan adalah alat tekan Marshall yang terdiri dari kepala penekan, arloji penunjuk kelelahan, cincin pengujian berkapasitas 2550 kg, cetakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm (4 inchi), tinggi 7,5 cm (3 inchi) lengkap dengan pelat alas dan leher sambung. Ejector alat untuk mengeluarkan benda uji, oven untuk memanaskan benda uji, penumbuk elektrik dengan berat 10 lbs, bak perendaman yang dilengkapi dengan pengatur suhu dan perlengkapan alat Bantu lain. Persyaratan bahan yang digunakan menggunakan pedoman dari Bina Marga dari buku Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton No. 13/PT/B/1983. Jenis bahan yang diperiksa yaitu agregat kasar, agregat halus dan aspal AC 60/70. Adapun penelitian dilakukan 2 tahap yaitu tahap pertama pemeriksaan agregat dan bahan ikat aspal, tahap ke dua perencanaan campuran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui durabilitas dan workabilitas dari slag baja.

Dari hasil pengujian pada campuran beton aspal dengan variasi kadar slag dapat disimpulkan bahwa :

1. Ditinjau dari nilai stabilitasnya, nilai stabilitas yang dihasilkan di atas 750 kg, sehingga memenuhi syarat Bina Marga.
2. Ditinjau dari nilai flow. Nilai flow yang didapat yang memenuhi syarat Bina Marga adalah pada kadar slag 75% dengan lama perendaman 0,5 jam dan pada kadar slag 25% dengan lama perendaman 72 jam.
3. Ditinjau dari nilai VITM atau prosentase rongga dalam campuran, nilai yang dihasilkan tidak memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu 3% - 5%. Ini disebabkan kadar aspal yang rendah.
4. Ditinjau dari nilai VFWA prosentase rongga yang terisi aspal, nilai yang dihasilkan tidak memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu 75% - 82%. Ini disebabkan kadar aspal yang rendah
5. Nilai workabilitas maksimum didapat pada kadar slag 25% dengan nilai C adalah 120,313 %.
6. Nilai durabilitas yang paling baik adalah dengan kadar slag 25% dibandingkan kadar slag yang lain.

### 2.7.3 Laksmingsih (2010)

Pada penelitian ini Laksminingsih menggunakan batu gamping dan slag baja pada perkerasan jalan raya guna mengkaji bahan mana yang memiliki kinerja lebih baik. Agregat slag yang digunakan merupakan limbah dari PT. Karakatau Steel, Cilegon, Banten. Agregat slag baik digunakan karena slag memiliki sifat kekerasan yang tinggi digabungkan dengan sifat tidak porous. Batu gamping banyak dihasilkan di Indonesia, contohnya di Kabupaten Wonorejo.

Pengujian sifat fisik dilakukan terhadap agregat lokal tersebut, setelah memenuhi persyaratan dilakukan uji campuran beraspal di laboratorium untuk memenuhi uji: stabilitas, stabilitas dinamis, modulus resilient. Hasil campuran beraspal diterapkan di lapangan, untuk percobaan slag dilakukan pada jalan percobaan Cileunyi, Bandung, Jabar pada Oktober 2002. Untuk percobaan lapangan menggunakan agregat gamping dilakukan pada ruas jalan Sampakan-Singosaren, Kab Bantul, DI Yogyakarta, pada Desember 2003. Setelah percobaan selesai dilakukan pengamatan lapangan meliputi: pengamatan lendutan dengan alat FWD pada perkerasan slag, kekesatan, retak dan secara visual, pengamatan menghasilkan data yang diperoleh adalah baik.

Kesimpulan pada penelitian ini adalah:

1. memenuhi persyaratan agregat standar (spesifikasi umum bidang jalan dan jembatan) dapat digunakan untuk agregat pengganti campuran beraspal.
2. Kinerja kekesatan perkerasan menggunakan slag lebih baik dibanding menggunakan batu gamping.

#### 2.7.4 Qunik Wiqoyah (2006)

Dalam penelitian ini Qunik menggunakan kapur sebagai bahan stabilizer, kapur yang bisa digunakan dalam stabilisasi adalah kapur hidup (*quicklime*, CaO) maupun kapur padam (*calcium hydroxide*, Ca(OH)<sub>2</sub>) yang merupakan produk pembakaran batu kapur. Bahan dasar dari kapur adalah batu kapur. Batu kapur mengandung kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>), dengan pemanasan ( $\pm 980^{\circ}\text{C}$ ) karbon dioksidanya ke luar dan tinggal kapurnya saja (CaO).

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah lempung (berdasarkan penelitian pendahuluan) dari Desa Jono kecamatan Tanon Kabupaten Sragen. Dan menggunakan kapur yang dijual di pasaran (kapur padam). Besar persentase kapur adalah : 2,5% ; 5% ; dan 7,5% . dari berat total tanah kering udara. Uji yang dilakukan terhadap campuran tanah dan kapur adalah : unsur-unsur kimia

kapur, *Atterberg limit*, gradasi, *specific gravity*, standar *Proctor*, *CBR* dengan perawatan 3 hari dan perendaman 4 hari. Uji unsur-unsur kimia kapur dilaksanakan di Direktorat Jendral Geologi dan Sumberdaya Mineral Direktorat Vulkanologi Jogjakarta, sedangkan semua uji yang lainnya dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Gadjah Mada Jogjakarta.

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan kapur pada tanah lempung dapat memperbaiki sifat fisis tanah lempung.
2. Hasil uji *CBR* perawatan 3 hari dan perendaman 4 hari menunjukkan peningkatan nilai *CBR* seiring penambahan kapur,. Peningkatan maksimum baik pada perawatan 3 hari maupun perendaman 4 hari terjadi pada penambahan 7,5 % kapur. Besarnya peningkatan masing-masing berturut-turut : 23,64 % dan 28,78 %.
3. Penambahan kapur pada tanah lempung dapat menurunkan nilai *swelling potential*. Penurunan terbesar terjadi pada penambahan kapur 7,5 % , dengan besar penurunan 3,03 %.
4. Penambahan kapur sampai pada 7,5 % dengan perawatan 3 hari dan perendaman 4 hari dapat meningkatkan kuat dukung tanah dan dapat menurunkan nilai *swelling potential*.

#### **2.7.5 Arif Rachmansyah, Harimurti, dan Farindra Dwi Laksana (2008)**

Tanah timbunan yang digunakan dalam pelaksanaan pembangunan umumnya terdiri dari campuran pasir maupun lempung. Dari campuran tanah tersebut diharapkan dapat menghasilkan kondisi tanah timbunan yang memiliki daya dukung tanah sesuai dengan yang diinginkan. Dikarenakan pasir juga merupakan salah satu bagian dari tanah timbunan dan ikut berpengaruh terhadap daya dukung kekuatan tanah tersebut, maka perlu dilakukan penelitian mengenai prosentase pasir terhadap nilai kekuatan tanah pada tanah timbunan.

Dikarenakan penelitian ini merupakan langkah awal dari penelitian tentang pengaruh pasir pada tanah timbunan maka tanah lempung pada tanah timbunan diganti dengan material lain yang dalam hal ini adalah kaolin. Disini memakai bahan kaolin karena material kaolin memiliki sifat yang menyerupai atau bisa mewakili karakteristik sifat lempung.

Nilai kekuatan tanah didapatkan dari hasil uji CBR. Dengan mengetahui nilai prosentase pasir dan lempung pada tanah timbunan yang dipadatkan dengan pemadatan standar pada kadar air dimana memberi kontribusi terbesar, maka dapat dihasilkan nilai CBR. Hal ini diharapkan dapat dipakai sebagai pertimbangan di dalam perencanaan dan perhitungan mengenai prosentase nilai tanah timbunan. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan, penelitian pendahuluan dan penelitian lanjutan. Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui jenis tanah yang akan diteliti. Penelitian lanjutan dimaksudkan untuk mengetahui nilai kadar air optimum setiap prosentase pasir pada pengujian pemadatan standar dan untuk memperoleh nilai daya dukung CBR maksimum pada masing-masing prosentase pasir.

Kesimpulan yang dapat diperoleh pada penelitian ini adalah:

1. Penambahan pasir akan berpengaruh pada perubahan kadar air optimum dan berat isi kering. Semakin banyak jumlah pasir yang ditambahkan akan menyebabkan semakin sedikit jumlah air yang dibutuhkan untuk mencapai berat isi kering maksimum.
2. Penambahan pasir akan berpengaruh terhadap perubahan nilai CBR campuran tanah. Pada penambahan pasir 20% nilai CBRnya mejadi 27,500, pada penambahan pasir 40% nilai CBRnya mejadi 31,417, pada penambahan pasir 60% nilai CBRnya mejadi 43,217. Jadi dengan ditamhkannya pasir maka nilai CBR dari campuran tanah tersebut akan membesar.
3. Penambahan kadar air akan berpengaruh terhadap perubahan nilai CBR campuran tanah. Misalnya pada prosen pasir 20% dengan kadar air -15 nilai CBR nya 27,500, kadar air -10% nilai CBRnya 27,333, kadar air -5% nilai CBRnya 25,083, kadar air OMC nilai CBRnya 15,750, kadar air +5% nilai CBRnya 8,483. Jadi dengan ditamhkannya jumlah air maka nilai CBR dari campuran tanah tersebut akan menjadi kecil, demikian juga sebaliknya semakin sedikit kadar air nilai CBR akan bertambah besar.

<b>BAB II</b> .....	5
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Kondisi Tanah</b> .....	5
<b>Tabel 2.1</b> Komposisi senyawa kimia pada tanah lempung.....	5
<b>Tabel 2.2</b> Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan IP dan SL.....	6
<b>Tabel 2.3</b> Kriteria Pengembangan Berdasarkan IP.....	6
<b>2.3 Stabilisasi tanah</b> .....	8
<b>2.4 Slag baja sebagai stabilizer</b> .....	9
<b>Tabel 2.5</b> Pengujian komposisi kimia.....	10
Sumber, ASA 2002, Soeharno 1997 .....	10
<b>2.5 Tanah Kohesif yang Dipadatkan</b> .....	11
<b>Gambar 2.3</b> Pengaruh kualitatif dari pemadatan terhadap tekstur dan struktur tanah.....	12
<b>2.6 Lingkup Penelitian</b> .....	13
<b>2.6.1 Teori Pemadatan</b> .....	13
<b>Gambar 2.4</b> Kurva-kurva pemadatan untuk beberapa jenis tanah.....	13
<b>2.6.2 Uji CBR</b> .....	14
<b>2.6.3 Uji swelling</b> .....	15
<b>2.7 Penelitian terdahulu</b> .....	15
$Ca^{++} + 2(OH) + SiO_2 \cdot CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$ .....	16
<b>Gambar 2.5</b> Grafik hasil uji pemadatan proctor standart tanah asli.....	17
<b>Gambar 2.5</b> Grafik hasil uji pemadatan proctor standar tanah asli.....	Error! Bookmark not defined.
<b>Gambar 2.11</b> Grafik direct shear pada pemanbahan air 300 ml. ....	20
<b>Gambar 2.13</b> Grafik hubungan kadar air dengan komposisi ACBFS.....	21