

## **Pengaruh Penambahan Limbah Baja (Slag) Pada Tanah Lempung di Daerah Babat Lamongan Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR) Test**

**Tika Ardiyanti<sup>1</sup>, Nur Andajani<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

[Tika.ardiyanti52@gmail.com](mailto:Tika.ardiyanti52@gmail.com)

<sup>2</sup> Tenaga akademik Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

[Nurandajani.unesa@gmail.com](mailto:Nurandajani.unesa@gmail.com)

### **Abstrak**

Tanah dasar merupakan bagian yang sangat penting karena tanah dasar akan mendukung seluruh beban lalu lintas/beban konstruksi dari atasnya. Perubahan bentuk tanah dasar dapat diakibatkan oleh kekuatan atau daya dukung tanah yang rendah, plastisitas yang tinggi, kekuatan geser yang rendah, kemampuan atau perubahan volume yang besar dan potensi kembang susut yang besar. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh penambahan limbah baja terhadap nilai CBR pada tanah lempung di daerah babat lamongan. Salah satu cara yang digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yaitu dengan menggunakan limbah baja sebagai bahan untuk stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah yang dilakukan yaitu stabilisasi tanah secara kimia.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen yang dilakukan di Laboratorium dengan mencampur tanah lempung dan limbah baja dengan variasi campuran (0% 5%, 10%, 15%, dan 20%). Tanah yang diambil dari daerah Babat Lamongan. Penelitian yang dilakukan yaitu test atterberg untuk mengetahui nilai indeks plastisitas (IP) jenis tanah yang akan distabilisasi lebih dahulu. Setelah itu melakukan pemeraman pada masing-masing campuran selama 24 jam dengan kadar air yang digunakan yaitu kadar air optimum dari hasil Standart Proctor Test. Selanjutnya, semua benda uji dites perkerasan jalan dengan alat California Bearing Ratio tanpa rendaman (CBR unsoaked).

Hasil dari beberapa pengujian laboratorium, diketahui bahwa limbah baja dapat digunakan sebagai campuran untuk stabilisasi tanah ekspansif. Limbah baja dapat menurunkan nilai indeks plastisitas tanah dari 54.40% menjadi 33.81%. Selain itu limbah baja juga dapat meningkatkan nilai CBR tanah dari 2.27% menjadi 12.18% dengan kadar campuran limbah baja yang memenuhi syarat untuk campuran stabilisasi tanah adalah 10%.

**Kata Kunci:** Tanah Lempung, Limbah Baja, California Bearing Ratio (CBR)

### **Abstract**

Subgrade is a very important component, because subgrade will be support all of the traffic load or the construction load on it. The changes of subgrade can be caused by the strength or low soil bearing capacity, high plasticity, low shear strength, congestion or large volume change and great potential expands shrink. The research was conducted to find out how big the influence of addition of limestone of CBR on the mixing clay from Babat area, Lamongan. One way of the methods to improve the properties of the soil by using slag as material for the soil stabilization. The conducted soil stabilization is chemically soil stabilization.

The research was conducted using experimental method in the Laboratory by mixing clay and slag with a variation mixture 0% 5%, 10%, 15%, and 20%. The soil taken from Babat area, Lamongan. The research conducted is Atterberg test, in order to determine the value of the plasticity index (IP) type of soil will be stabilized first. After that do the curing of each mixture for 24 hours with a water content that is used the optimum water content of the results of the Standard Proctor Test. Furthermore, all specimens shall be pavement test with a California Bearing Ratio tool without immersion (unsoaked CBR).

The results of some laboratory test, it is known that slag can be used as a mixture of expansive soil stabilization. Slag can degrade soil index plastic value of 54.40% to 33.81%. Besides, slag can also improve soil CBR value of 2.27% to 12.18% with levels of slag mixture qualified for soil stabilization mix is 10%.

**Keywords :** Clay, Slag, California Bearing Ratio (CBR)

## **PENDAHULUAN**

Tanah dasar merupakan bagian yang sangat penting karena tanah dasar akan mendukung seluruh beban lalu lintas/beban konstruksi dari atasnya. Jika tanah dasar yang ada berupa tanah lempung yang mempunyai daya dukung rendah, maka bangunan yang ada sering mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh kondisi tanah.

Tanah lempung yang digunakan ini merupakan jenis tanah dengan daya dukung rendah, pengaruh air sangat besar terhadap perilaku fisis dan mekanisnya. Untuk itu, dalam penggunaan tanah lempung sebagai bahan konstruksi, kadar air tanah memegang peranan yang sangat penting. Dalam bentuk massa yang kering tanah lempung mempunyai kekuatan yang lebih besar bila ditambah air akan berperilaku plastis, untuk kondisi tanah lempung dengan kembang susut yang tinggi (ekspansif) dapat menimbulkan masalah yang cukup besar bila digunakan untuk bangunan. Permasalahan yang sering terjadi adalah retak dinding, terangkatnya pondasi, dan jalan bergelombang.

Banyak daerah di Indonesia yang memiliki tanah lempung seperti yang sudah disebutkan diatas, salah satunya di daerah Lamongan yang memiliki ciri-ciri nilai indeks plastisitas tinggi. Nilai Indeks Plastisitas lempung di lamongan yaitu  $> 25\%$ , hal itu yang membuat tanah lempung di lamongan merupakan tanah kembang susut tinggi (ekspansif). Selain itu Tanah ekspansif juga memiliki sifat-sifat yang mudah mengalami perubahan volume karena mempunyai potensi kembang susut yang sangat tinggi, tanah akan mengembang pada saat musim penghujan dan menyusut pada saat musim kemarau.

Stabilisasi dengan menggunakan bahan tambah sering disebut juga stabilisasi kimia yang bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah, dengan cara mencampur tanah menggunakan bahan sesuai perbandingan tertentu. Bahan tambah (additives) adalah bahan hasil olahan pabrik yang bila ditambahkan kedalam tanah dengan perbandingan yang tepat akan memperbaiki sifat-sifat teknis. Penambahan unsur tertentu juga bisa berupa: kapur, Fly ash, sekam padi, semen (portland cement) dan limbah baja (slag). Bahan tambah yang digunakan disini yaitu limbah baja yang memiliki keuntungan dapat mengikat atau mengurangi kandungan air pada tanah karena kandungan komposisi pada limbah baja seperti CaO dan MgO dapat sebagai penetralisir dari sifat kembang susut tanah. Selain itu juga penggunaan limbah baja ini untuk memanfaatkan limbah yang tertimbun di lokasi pabrik sampai menumpuk tinggi sehingga sangat mengganggu lingkungan. Proses stabilisasi tanah ini juga dilakukan untuk melihat dan mengukur daya dukung tanah agar menjadi lebih baik dibandingkan dengan tanah aslinya sebelum dilakukan pencampuran limbah baja (slag).

Pengujian stabilisasi tanah lempung dan limbah baja diharapkan dapat memperbaiki sifat-sifat tanah dasar dan perbaikan jalan yang menggunakan metode California Bearing Ratio (CBR). CBR merupakan suatu perbandingan antara beban percobaan (test load) dengan beban. Metode ini mula-mula diciptakan oleh O. J. Porter,

kemudian dikembangkan di California, Amerika Serikat. Test CBR ini dikembangkan sekitar tahun 1930-an di laboratorium of Materials Research Departement of The California Division of Highway, USA. Prinsip dari uji CBR ini adalah menekan suatu contoh tanah dalam cetakan berbentuk silinder dengan alat penekan standart dengan kecepatan penetrasi tetap dan diukur beban yang diperlukan. Nilai CBR adalah perbandingan antara beban yang diperlukan untuk penetrasi dengan beban yang ditahan bahan standart. Metode ini mengkombinasikan percobaan pembebanan penetrasi di Laboratorium atau di Lapangan dengan rencana Empiris untuk menentukan tebal lapisan perkerasan. Hal ini digunakan sebagai metode perencanaan perkerasan lentur (flexible pavement) suatu jalan. Tebal suatu bagian perkerasan ditentukan oleh nilai CBR.

Tujuan stabilisasi adalah untuk memperbaiki kondisi tanah tersebut, kemudian mengambil tindakan yang tepat terhadap masalah-masalah yang kita hadapi. Stabilisasi dapat berupa tindakan-tindakan sebagai berikut:

1. Menambah kepadatan tanah
2. Menambah material yang tidak aktif, sehingga mempertinggi kohesi dan tahan geser yang timbul.
3. Menambah material agar dapat mengadakan perubahan-perubahan alami dan kimiawi material tanah.
4. Menurunkan permukaan air tanah (drainase) dan Mengganti tanah-tanah yang buruk.

Harga CBR dinyatakan dalam persen, jadi 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 merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam perhitungan struktur perkerasan jalan raya. Semakin besar nilai CBR, semakin besar pula daya dukung tanah dasar sehingga untuk beban lalu lintas yang sama akan membutuhkan ketebalan perkerasan yang lebih tipis. Ditinjau dari sisi finansial, pengurangan ketebalan perkerasan akan berdampak pada penghematan biaya konstruksi jalan Menurut (Shirley L.Hendarsin, 1994).

Beberapa jenis metode CBR yang sering digunakan untuk mengetahui kekuatan dan stabilitas tanah dasar untuk perkerasan jalan (SNI 03-1744-1989) ada 2 cara yaitu :

- a. CBR Laboraturium
- b. CBR Lapangan

Tetapi dalam penelitian ini test yang digunakan yaitu test CBR Laboraturium.

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan CBR (California Bearing Ratio) tanah dan campuran tanah agregat yang dipadatkan dilaboratorium pada kadar air tertentu. CBR laboratorium biasanya digunakan antara lain untuk perencanaan pembangunan jalan baru dan lapangan terbang. Untuk menentukan nilai CBR laboratorium digunakan suatu metode pengujian pemadatan berat untuk tanah (SKBI 3.3.30. 1987/UDC. 624.131.53 (02), dan bahan tersebut dipadatkan dalam suatu cetakan sesuai cara B dan D.

Maka dengan begitu tanah dasar (subgrade) tersebut merupakan nilai kemampuan lapisan dasar tanah yang memikul beban setelah tanah tersebut dipadatkan dengan CBR dengan nilai CBR. CBR laboratorium dibedakan menjadi 2 jenis yaitu CBR rendaman (soaked design CBR) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (unsoaked design CBR).

$$\text{Nilai CBR} = \frac{\text{Beban penetrasi yang telah dikoreksi}}{\text{Beban standar}} \times 100 \%$$

Tabel 2.6. Klasifikasi Harga CBR

CBR(%)	Description	User	Clasification System	
			Unified	AASHTO
0 – 3	Very poor	Subgrade	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 – 7	Poor	Subgrade	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 – 20	Fair	Subgrade	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 – 50	Good	Base or Subbase	GM, GC, SW, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
>50	Excellent	Base	GW, GM	A1a, A2-4, A3

(Sumber: Joseph Bowles, 1992)

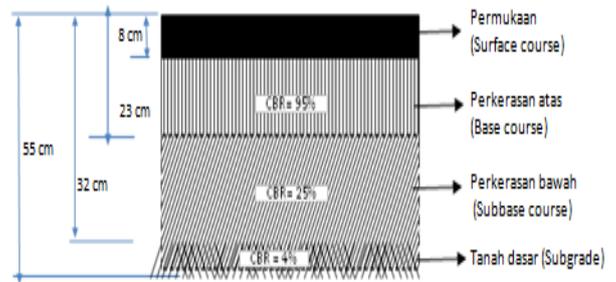
Tabel 2.7. Penetrasi Standar

Penetrasi (inch)	Beban Standar (lbs)	Beban Standar (Lbs/inch <sup>2</sup> )/(psi)
0,1	3000	1000
0,2	4500	1500
0,3	5700	1900
0,4	6900	2300
0,5	7800	6000

(Sumber: L.H Shirley, 1994)

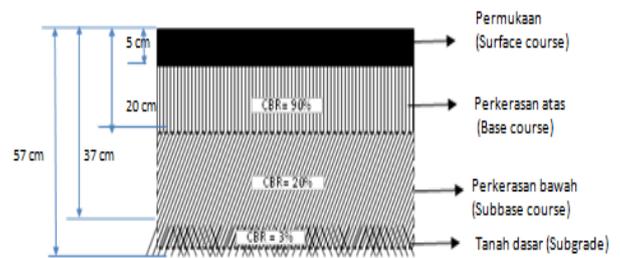
Perkerasan jalan adalah bagian dari lapisan material yang terdiri dari agregat dan bahan ikat yang dikerjakan sesuai persyaratan dan fungsi tertentu sehingga bisa menyebarkan beban roda kendaraan yang dapat ditahan oleh tanah dasar. Berdasarkan jenis bahan dan konstruksinya, perkerasan dapat dibedakan menjadi 3 yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku dan perkerasan komposit.

Perkerasan lentur terhadap tanah dasar (subgrade) merupakan suatu hal yang paling penting dalam lapisan-lapisan jalan, terutama lapisan tanah dasar yang sebelum dipadatkan. Perkerasan lentur merupakan suatu perkerasan yang terdiri dari lapisan aus (asphalt wearing course) cukup tipis, dengan lapisan granular base dan subbase yang berfungsi sebagai pelindung subgrade yang telah dipadatkan dengan maksud untuk menghindari timbulnya alur-alur bekas roda, retakan dan gelombang pada konstruksi jalan (Maulana P, 2013: 2.6). Berikut ini adalah model-model konstruksi lapisan perkerasan lentur (Unsoaked) dan (Soaked) yang diuraikan sebagai berikut:



Sumber gambar 2.3: A Course In Highway Engineering (S.P. Bindra, 1981:374)

Gambar 2.2 : Lapisan-lapisan perkerasan lentur (Unsoaked)



Sumber Gambar 2.4: A Course In Highway Engineering (S.P. Bindra, 1981:372)

Gambar 2.3 : Lapisan-lapisan perkerasan lentur (Soaked)

Pada umumnya perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas, seperti yang sudah dijelaskan pada gambar yaitu ;

1. Lapisan permukaan atau penutup (surface coarse)  
Fungsi lapis permukaan antara lain:
  - a. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda.
  - b. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca.
  - c. Sebagai lapisan aus (wearing course).
2. Lapisan pondasi atas / perkerasan atas (base course)  
Lapis pondasi atas (LPA) adalah suatu lapisan perkerasan jalan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi “bawah” (subbase), yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang mendukung lapis permukaan dan beban-beban roda yang bekerja di atasnya dan menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapis pondasi bawah, kemudian ke lapis tanah dasar.
3. Lapisan pondasi bawah / perkerasan bawah (subbase course)  
Lapis pondasi bawah (subbase) adalah suatu lapisan perkerasan jalan yang terletak antara tanah dasar dan lapis pondasi “atas” (base), yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang meneruskan beban di atasnya, dan selanjutnya menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapis tanah dasar.
4. Lapisan tanah dasar (subgrade)

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya

dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut:

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanent) dari macam tanah tertentu akibat beban.
- b. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah yang tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan.
- d. Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu-lintas dari macam tanah tertentu.
- e. Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu-lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbutir kasar (granular soil) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

## METODE

### Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen, dimana penelitian ini dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil Unesa dengan melakukan serangkaian pengujian pada benda uji yang terbuat dari campuran tanah lempung dari Babat Lamongan dan limbah baja dari PT. ISPAT INDO. Campuran tanah lempung dengan limbah baja ini dibuat dengan perbandingan campuran yang bervariasi, kemudian di buat benda uji penelitian di laboratorium dengan campuran persentase penambahan limbah baja yang bervariasi. Praktek ini bertujuan untuk mengetahui nilai Nilai California Bearing Ratio (CBR) Test dengan kepadatan yang sama menggunakan Standart Proctor Test.

### Lokasi dan Waktu Penelitian

#### 1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya jl. Ketintang Surabaya.

#### 2. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada semester gasal tahun ajaran 2013/2014.

### Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang digunakan penelitian ini adalah:

#### 1. Variabel Bebas

Variabel Bebas adalah variabel yang sengaja dipelajari pengaruhnya (dengan cara mengubah atau memanipulasi) terhadap variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah penambahan limbah baja (slag) dengan variasi campuran 0%, 5%, 10%, 15% & 20%.

#### 2. Variabel Terikat

Variabel Terikat adalah variabel yang keadaannya akan tergantung pada variabel bebas. Sehingga variabel terikat pada penelitian ini adalah besarnya nilai CBR terhadap tanah lempung di daerah Lamongan.

#### 3. Variabel Kontrol

Variabel Kontrol adalah perlakuan yang disamakan terhadap penelitian yang dilakukan. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah tanah lempung, limbah baja (slag), dan kepadatan benda uji adalah kepadatan maksimal dari Standart Proctor Test.

### Teknik Pengumpulan Data

#### Metode Penelitian Eksperimen

Dalam metode Penelitian Eksperimen ini penulis melakukan bentuk penelitian secara langsung pada sampel. Penelitian tersebut berupa:

##### 1. Test Fisik Tanah

- Uji Atterberg yang terdiri dari test LL (Liquid Limit) untuk mendapatkan batas cair dan test PL (Plastic Limit) untuk mengetahui batas plastis, sehingga mendapatkan nilai IP (Index Plasticity).
- Tes Spesific Gravity (Gs).

##### 2. Test Kepadatan Tanah

- Pengujian pemadatan tanah yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tanah dengan menggunakan Standart Proctor Test.
- Proses melakukan tes pemadatan 5 macam benda uji pada tiap masing-masing campuran untuk mencari  $\gamma_{dmaks}$  dan  $w_{opt}$ .

##### 3. Pengujian CBR

Dengan melakukan tes kekerasan tanah pada tiap masing-masing campuran yang terdiri dari beberapa variasi campuran yang digunakan untuk mencari harga nilai CBR.

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah :

#### 1. Alat Test Fisik Tanah

- Alat-alat uji Batas Cair (LL), meliputi : Ayakan no 40, Plat kaca, kapi, 1 set alat test liquid limit (casagrande), Sendok atau spatula, Grooving tool, Cawan, timbangan, Oven. Kemudian Batas Plastis (PL), meliputi : Plat kaca, Cawan, Timbangan, Kapi, oven.
- Alat-alat uji *Spesific Gravity* (Gs), meliputi : Piknometer 100 ml, termometer, timbangan, oven, desikator, corong, pipet, tungku listrik (*Hot late*).

#### 2. Test Kepadatan Tanah

Alat-alat uji Pemadatan (Proctor), meliputi : Ayakan no 10, lengser, 1 set alat *standart Proctor*, penggaris besi, timbangan, *jack*, cawan, dan oven.

#### 3. Pengujian CBR

Alat-alat uji California Bearing Ratio (CBR) Test, meliputi : Mesin penetrasi (loading machine), Alat pengukur beban, Silinder, Piringan pemisah dari logam (sapacer disc), Alat penumbuk tangan, Keping beban, Torak penetrasi dari logam, Dua buah arloji, Peralatan lain seperti talam, alat perata, dan Alat timbang

Bahan yang diperlukan pada penelitian ini adalah :

1. Tanah lempung ekspansif

Tanah yang digunakan yaitu tanah dari daerah Babat Lamongan yang sudah dikeringkan dengan lolos ayakan 40 untuk test Atterberg dan ayakan 10 untuk test Standart Proctor.

2. Limbah baja (slag)

Limbah baja yang digunakan dari PT. ISPAT INDO dengan lolos ayakan no 40 untuk test Atterberg dan no 10 untuk test Standart Proctor.

3. Air Suling

**Langkah Penelitian**

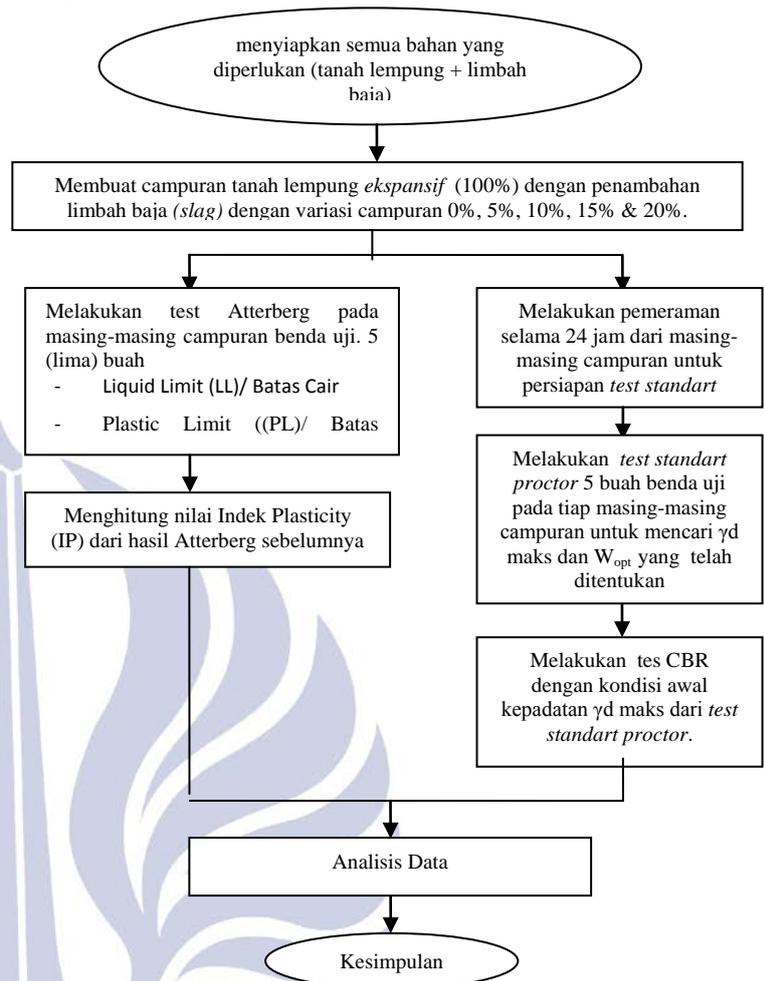
Urutan pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan bahan-bahan yang akan dipakai dalam penelitian yaitu tanah lempung yang lolos ayakan No.10. Apabila untuk tes Atterberg Limit tanah yang lolos ayakan No.10 di haluskan menggunakan penumbuk keramik kemudian di ayak kembali sampai lolos ayakan no.40.
2. Pembuatan campuran tanah lempung ekspansif dan limbah baja (slag) untuk pembuatan benda uji dengan perbandingan persentase limbah baja 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%.
3. Melakukan tes batas-batas Atterberg yaitu pengujian untuk mencari nilai IP (Index Plasticity) sesuai ketentuan, antara lain: test LL (Liquid Limit) untuk mengetahui batas cair, test PL (Plastic Limit) untuk mengetahui batas plastis sehingga didapat IP (Index Plasticity).
4. Melakukan test berat jenis tanah (Gs) ini dilakukan sebanyak ± 10 gram dari masing-masing 3 buah piknometer untuk benda uji yaitu dengan campuran tanah lempung + limbah baja (0%, 5%, 10%, 15%, 20%).
5. Melakukan proses pencampuran benda uji dari masing-masing prosentase tanah lempung dan limbah baja yang sudah ditambah air, setelah itu melakukan pemeraman selama 24 jam dari masing-masing campuran tersebut untuk Standart Proctor Test.
6. Setelah itu melakukan tes pemadatan tanah yang bertujuan untuk mengetahui hasil awal dari benda uji yaitu  $\gamma_{dmax}$  dan  $w_{opt}$  dengan menggunakan Standart Proctor Test untuk masing-masing campuran.
7. Melakukan tes CBR dari masing-masing campuran benda uji untuk mencari nilai CBR.
8. Menganalisa data hasil penelitian kemudian memberikan kesimpulan

**Teknik Analisis Data**

Metode pengumpulan data pada penelitian ini adalah dengan cara melakukan penelitian di laboratorium yang nantinya berupa angka-angka. Data yang terkumpul dalam bentuk angka kemudian diolah dengan teknik analisis dan secara deskriptif kualitatif dengan bantuan komputer Microsoft Excel yang kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik, yang nantinya dapat diketahui pengaruh penambahan limbah baja (slag) pada tanah lempung ekspansif terhadap nilai CBR.

**Diagram Alir Penelitian**



**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah UNESA, parameter-parameter yang akan diketahui adalah harga Indeks Plastisitas, Kepadatan maksimum dan nilai harga CBR Test. Mengetahui harga Indeks Plastisitas maka harus melalui uji test batas cair (Liquid limit/LL) dan uji batas plastis (Plastic limit/PL). Adapun hasil yang diperoleh dari uji laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.1.

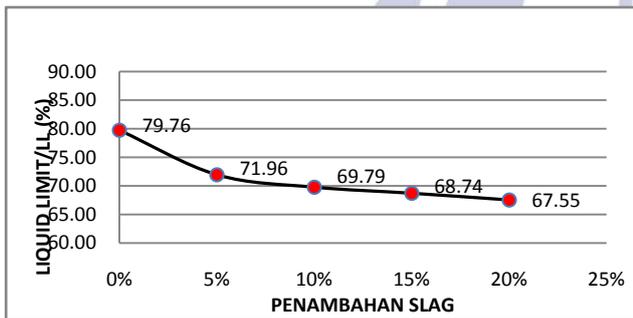
**Hasil Test Sifat Fisik Tanah**

Tabel 4.1  
Hasil Test Sifat Fisik Tanah Pada Masing-masing Benda Uji

Benda Uji	Campuran Benda Uji		LL (%)	PL (%)	IP (%)	Gs (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ maxs (gr/cm <sup>3</sup> )	Wopt (%)
	T. Lempung (%)	SLAG (%)						
1	100	0	79.76	25.36	54.40	2.6	1.368	28.3
2	100	5	71.96	26.06	45.90	2.632	1.383	27.5
3	100	10	69.79	27.07	42.71	2.678	1.403	26.5
4	100	15	68.74	30.88	37.85	2.731	1.415	25
5	100	20	67.55	33.74	33.81	2.796	1.441	24

**Pengaruh penambahan limbah baja terhadap harga Batas Cair / Liquid Limit (LL) pada tanah lempung.**

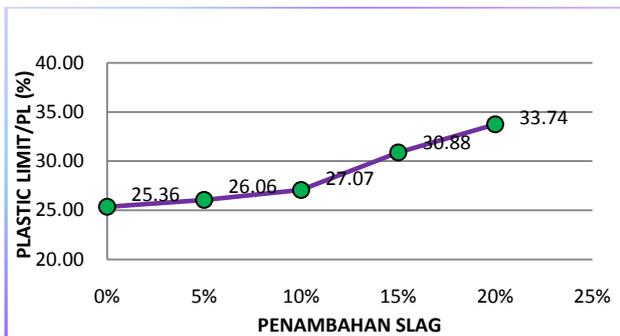
Hasil uji batas cair di laboratorium untuk tanah lempung dengan penambahan slag dari masing-masing benda uji dapat dilihat pada Grafik 1. Harga LL pada benda uji 1 adalah 79,76%, kemudian pada benda uji 2, 3, 4 dan 5 mengalami penurunan berturut-turut menjadi 71.96%, 69.79%, 68.74% dan 67.55%. Jadi, semakin besar penambahan limbah baja pada tanah maka nilai batas cair akan semakin turun. Hal tersebut dikarenakan dengan menambahkan limbah baja (slag) dalam tanah dapat menimbulkan muatan positif dalam air. Penambahan limbah baja (ion-ion positif) ini dapat memungkinkan tarik menarik antara kation yang ada pada limbah baja dengan anion yang ada pada permukaan tanah. Sehingga limbah baja tersebut akan memberikan (ion-ion positif) yang cenderung menggantikan kation yang berada pada partikel lempung, sehingga proses ini disebut dengan pertukaran kation.



Grafik 1. Pengaruh penambahan limbah baja terhadap harga Liquid Limit (LL) pada tanah lempung.

**Pengaruh penambahan limbah baja terhadap harga Batas Plastis / Plastic Limit (PL) pada tanah lempung.**

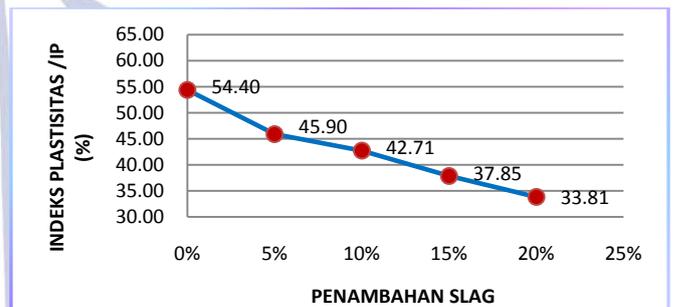
Hasil uji batas plastis di laboratorium dari masing-masing benda uji dapat dilihat pada Grafik 2. Dari Grafik tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar penambahan limbah baja maka harga PL (Plastic Limit) semakin naik dari 25.36% menjadi 33.74%. Dengan penambahan limbah baja yang semakin besar maka harga PL (Plastic Limit) mengalami kenaikan, dikarenakan semakin banyak penambahan limbah baja dalam tanah maka dehidrasi limbah baja semakin tinggi yang menyebabkan tanah mengering dan cepat retak.



Grafik 2. Pengaruh penambahan limbah baja terhadap harga Plastic Limit (PL) pada tanah lempung.

**Pengaruh penambahan limbah baja terhadap harga Indeks Plastis (IP) pada tanah lempung.**

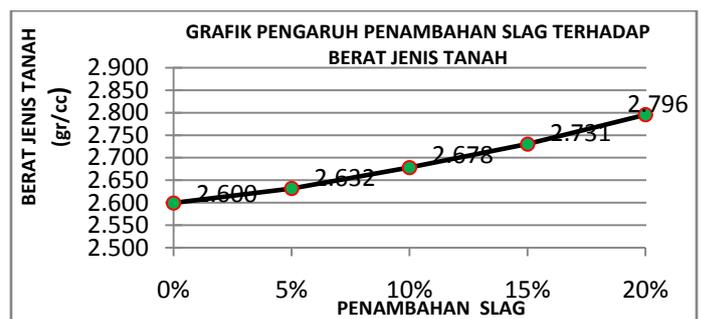
Berdasarkan dari hasil praktek laboratorium didapatkan nilai IP pada masing-masing benda uji yang dapat dilihat pada grafik 3. Nilai IP didapat dari harga liquid limit (LL) dikurangi harga plastic limit (PL) dari masing-masing campuran. Hasil uji di laboratorium menunjukkan nilai IP mengalami penurunan dari tanah asli yaitu 54.40% menjadi 33.81%. Penurunan ini disebabkan karena penambahan limbah baja yang dicampurkan pada tanah ekspansif akan menyebabkan plastisitas tanah menjadi berkurang dan struktur tanahnya berubah (volume butiran menjadi lebih besar) diakibatkan karena adanya reaksi gumpalan. Dapat disimpulkan semakin banyak penambahan limbah baja maka nilai IP semakin menurun.



Grafik 3. Pengaruh penambahan limbah baja terhadap harga Indeks Plastisitas (IP) pada tanah lempung

**Pengaruh penambahan limbah baja terhadap harga Berat Jenis Tanah (Gs) pada tanah lempung.**

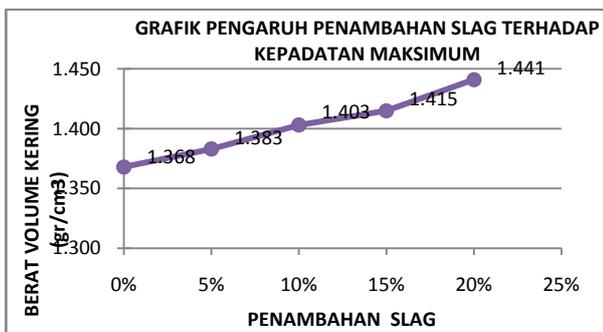
Berat Jenis (Specific Gravity) tanah dalah perbandingan antara berat volume butiran padat ( $\gamma_s$ ) dengan berat volume air ( $\gamma_w$ ) atau perbandingan antara berat isi bahan terhadap berat isi air. Hasil Grafik 4 menunjukkan test berat jenis tanah pada benda uji 1 adalah 2.6 gr/cc, benda uji 2 naik menjadi 2.632 gr/cc dan pada benda uji 3,4,dan 5 nilai berat jenis tanah semakin naik menjadi 2.678 gr/cc, 2.731 gr/cc dan 2.796 gr/cc dari hasil tersebut bisa dilihat bahwa semakin banyak penambahan limbah baja maka nilai berat jenis tanah juga semakin naik. Kenaikan berat jenis itu diakibatkan karena nilai Gs limbah baja (3.412 gr/cc) lebih besar daripada nilai Gs tanah (2.6 gr/cc), sehingga dengan semakin banyak penambahan limbah baja pada tanah lempung maka nilai Gs juga akan semakin naik.



Grafik 4. Pengaruh penambahan limbah baja terhadap harga Berat Jenis Tanah (Gs) pada tanah lempung

**Pengaruh penambahan limbah baja terhadap harga Kepadatan Maksimum ( $\gamma_d$  maks) pada tanah lempung.**

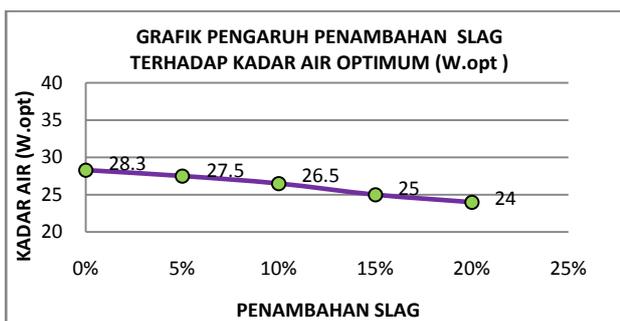
Hasil uji Kepadatan maksimum di laboratorium dari masing-masing adalah pada benda uji 1 nilai kepadatan maksimumnya adalah 1,368 gr/cm<sup>3</sup>, berikut pada benda uji 2, 3, 4 mengalami kenaikan meenjadi 1,383 gr/cm<sup>3</sup>, 1403 gr/cm<sup>3</sup>, 1,415 gr/cm<sup>3</sup> dan yang terakhir pada benda uji 5 nilai kepadatan maksimumnya meningkat lagi menjadi 1,441 gr/cm<sup>3</sup> lebih jelasnya dapat dilihat pada Grafik 5. Kenaikan kepadatan tanah diakibatkan karena proses dimana air dan udara atau pori-pori tanah semakin kecil. Jadi semakin berkurangnya angka pori, maka mengakibatkan berat butiran semakin besar sedangkan volume total tanah basah menjadi semakin berkurang.



Grafik 5. Pengaruh penambahan limbah baja terhadap harga Kepadatan Maksimum ( $\gamma_d$  maks) pada tanah lempung.

**Pengaruh penambahan limbah baja terhadap harga Kadar Air Optimum (Wopt) pada tanah lempung.**

Harga kadar air optimum dari test kepadatan maksimum mengalami penurunan dengan penambahan limbah baja yang bervariasi. Pada tanah asli kadar air semula 28.3%, pada benda uji 2, 3, 4 turun menjadi 27.5%, 26,5%, 25% dan untuk benda uji ke 5 semakin turun menjadi 24%. Penyebab dari penurunan kadar air optimum adalah pada saat tanah ditambah air, tanah tersebut mengikat kation yang ada pada limbah baja sehingga tanah tersebut lebih kecil untuk mengikat air dengan demikian semakin banyak penambahan limbah baja pada tanah tersebut maka semakin kecil pula air yang diikat pada tanah, sehingga Kadar Air Optimum (W.Opt) pada tanah tersebut akan semakin kecil. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Grafik 6.



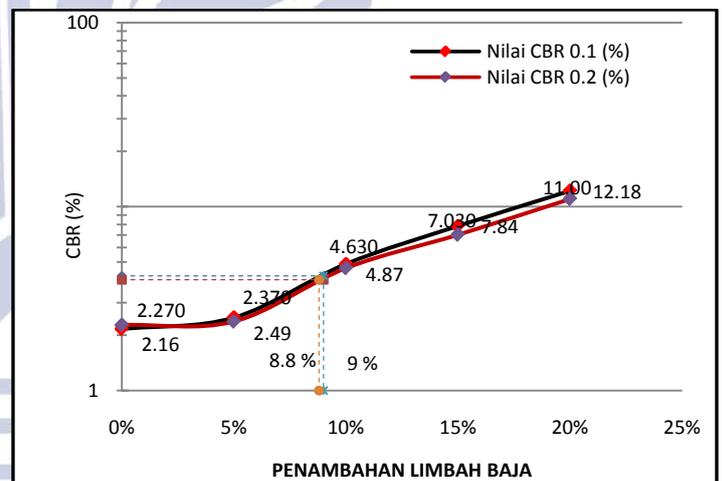
Grafik 6. Pengaruh penambahan limbah baja terhadap harga Kadar Air Optimum (Wopt) pada tanah lempung

**Pengaruh penambahan limbah baja terhadap harga nilai California Bearing Ratio (CBR) Test pada tanah lempung.**

Dari hasil test pengujian CBR laboratorium pada tanah lempung diperoleh hasil dari nilai CBR yang mengalami kenaikan dengan semakin banyak variasi penambahan limbah baja. Sehingga dengan adanya variasi penambahan limbah baja menyebabkan kepadatan maksimal pada tanah yang diikuti dengan berkurangnya kadar air dalam tanah yang membuat tanah semakin mengeras / padat akibat pori-pori tanah semakin kecil sehingga butiran tanah semakin merekat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.8, Grafik 7 dan Grafik 8

Tabel 4.8. Besarnya Gabungan Harga Nilai CBR pada masing-masing benda uji

Benda uji	Campuran Benda Uji		Nilai CBR (%)		Kenaikan Prosentase (%)	
	T. Lempung (%)	SLAG (%)	0,1"	0,2"	0,1"	0,2"
1	100	0	2,27	2,16	0	0
2	100	5	2,37	2,49	4.405	15.278
3	100	10	4,63	4,87	103.965	125.463
4	100	15	7,03	7,84	209.691	262.963
5	100	20	11	12,18	384.581	463.889



Grafik 7. Pengaruh penambahan limbah baja terhadap harga nilai CBR Test pada tanah lempung.

**PENUTUP**

**Simpulan**

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Unesa mengenai pengaruh penambahan limbah baja pada tanah lempung dari daerah Babat Lamongan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai CBR semakin meningkat dengan adanya variasi campuran limbah baja. Persyaratan yang sesuai untuk memenuhi nilai kepadatan subgrade (> 4%) yaitu pada benda uji ke 3 dengan nilai CBR penetrasi 0,1" (4.63%) penetrasi 0,2" (4.87%) dengan prosentase campuran limbah baja 10% dari

berat kering tanah dan batas minimum yang bisa digunakan untuk memenuhi nilai kepadatan subgrade adalah dengan prosentase campuran limbah baja 9% dengan nilai CBR 4%.

2. Tanah lempung asli ini termasuk dalam tanah lempung ekspansif klasifikasi tinggi dengan nilai nilai IP 54.40% tapi setelah dicampur dengan 20% limbah baja tanah tersebut mengalami penurunan dengan nilai IP 33.81% dan masih termasuk tanah lempung ekspansif klasifikasi tinggi.

#### Saran

1. Pemanfaatan penambahan limbah baja 10% pada tanah lempung di daerah Babat Lamongan sudah dapat dipakai untuk pembangunan konstruksi jalan, karena sudah memenuhi syarat untuk subgrade ( $>4\%$ ).
2. Perlunya dilakukan penelitian kembali dengan penambahan limbah baja (slag) dengan persentase  $>20\%$  dari berat kering tanah. 2. Mengingat dengan penambahan limbah baja 20% nilai kembang susutnya masih tinggi, diharapkan bisa dilanjutkan dengan penambahan limbah baja yang lebih tinggi ( $>20\%$ ).
3. Perlunya penelitian ulang apabila menggunakan penambahan limbah baja (slag) dengan campuran bahan organik yang berbeda.

#### DAFTAR PUSTAKA

Andayani, Nur. dkk.1994. Panduan Praktikum Laboratorium Mekanika Tanah II.Surabaya: University Press.

Bindra, S.P. 1981. A Course In Highway Enginerering. Delhi: Dhanpat Rai & Sons.

Das, M, Braja. 1991. Mekanika Tanah Jilid I (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis). Jakarta: Erlangga.

Hendarsin, L, Shirley. 2008. Perencanaan Teknik Jalan Raya. Bandung: Politeknik Negeri Bandung.

Hardiyatmo, C. Hary. 2010. Stabilisasi Tanah untuk Perkerasan Jalan. Yogyakarta. Gajah Mada University Press.

<http://civilengineerunsri08.wordpress.com/2009/03/17/jenis-jenis-perkerasan-jalan/>

[http://eprints.undip.ac.id/17720/1/WIJAYA\\_SETA.pdf](http://eprints.undip.ac.id/17720/1/WIJAYA_SETA.pdf)

[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=13&cad=rja&uact=8&ved=0CHkQFjAM&url=http%3A%2F%2Fsaptowasono.dosen.narotama.ac.id%2Ffiles%2F2011%2F07%2Fjalan-RAYA.doc&ei=4RdXU82QHIGrQfFkYCYBA&usg=AFQjCNHlz-YRNUNIIv0gOiA8iD\\_DPcUKzw&sig2=wGA2KACqMwfPiV3rsABa-g&bvm=bv.65177938,d.bmk](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=13&cad=rja&uact=8&ved=0CHkQFjAM&url=http%3A%2F%2Fsaptowasono.dosen.narotama.ac.id%2Ffiles%2F2011%2F07%2Fjalan-RAYA.doc&ei=4RdXU82QHIGrQfFkYCYBA&usg=AFQjCNHlz-YRNUNIIv0gOiA8iD_DPcUKzw&sig2=wGA2KACqMwfPiV3rsABa-g&bvm=bv.65177938,d.bmk)

Kasiati, Endang. Stabilisasi Tanah Dengan Limbah Padat P.T. Boma Bisma Indra. Institut Teknologi Sepuluh November ( ITS ).

Moh.Anis Fahmi, Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Potensial Swelling Pada Tanah Kembang-Susut Di Daerah Citra Land. 2006. Surabaya: UNESA University Press.

Muttaqin, Umar. Bahan Kuliah Teknik Sipil.(Online), (<http://umar-muttaqin.blogspot.com/p/cbr-california-bearing-ratio.html>, 18 maret 2013).

Pemanfaatan Slag Baja Untuk Teknologi Jalan yang Ramah Lingkungan. (Online) ([http://www.jurnas.com/news/71382/Bosowa\\_Tawari\\_Krakatau\\_Steel\\_Kerja\\_Sama\\_Pemanfaatan\\_Limbah\\_Baja/1/Ekonomi/Ekonomi](http://www.jurnas.com/news/71382/Bosowa_Tawari_Krakatau_Steel_Kerja_Sama_Pemanfaatan_Limbah_Baja/1/Ekonomi/Ekonomi)) 1 September 2013.

Pondy Maulana, Pengaruh Penambahan Portland Cement Pada Tanah Merah Di Daerah Socah Bangkalan Terhadap Nilai California Bearing Ratio (Cbr) Test. 2013. Surabaya: UNESA University Press.

Ridwan, Machfud. 2003. Petunjuk Praktikum Tanah I. Surabaya : University Press.

SNI 1964. 2008. Cara Uji Berat Jenis Tanah. Bandung.

SNI 1967. 2008. Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah. Bandung.

SNI 1966. 2008. Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah. Bandung.

SNI 1742. 2008. Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah. Bandung.

SNI 1743. 2008. Cara Uji Kepadatan Berat Untuk Tanah. Bandung.

SNI 1744. 2012. Cara Uji CBR Laboratorium. Bandung.

Sukirman, Silvia. 1993. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung. Nova

Tim Penyusun. 2006. Panduan penulisan dan Penilaian Skripsi. Surabaya: University Press.