



## TINJAUAN KUAT DUKUNG TANAH LEMPUNG BAYAT – KLATEN DENGAN BAHAN STABILISASI SLAG BAJA

Agus Susanto<sup>1</sup>, Krisindo Monico<sup>2</sup>, Renaningsih<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura, Surakarta, Indonesia, Kode Pos 57102

\*Email: Agus.Susanto@ums.ac.id , d100160127@student.ums.ac.id , ren186@ums.ac.id

Diajukan: 6/06/2022 Direvisi: 25/07/2022 Diterima: 27/07/2022

### Abstrak

Berdasarkan penelitian tanah dari Desa Talang Kidul, Kecamatan Bayat, Klaten merupakan tanah lempung dengan nilai plastisitas yang tinggi dikarenakan nilai  $PI$  nya  $>17\%$ . Perbaikan dilakukan dengan bahan tambah slag baja. Penambahan campuran slag baja dengan persentase 0%, 5%, 10%, dan 15%, dan adanya variasi ukuran butiran slag baja lolos saringan No.4 dan No.40 bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dan mekanisnya. Hasil pengujian mekanis diperoleh Nilai berat volume kering maksimum terbesar pada penambahan 15% No.40 sebesar  $1,57 \text{ gr/cm}^3$ , sedangkan berat volume kering maksimum tanah campuran slag baja terkecil pada penambahan 5% No.4 yaitu  $1,41 \text{ gr/cm}$ . Nilai kadar air optimum paling besar didapat 21% pada slag baja 5% No.4, sedangkan nilai kadar air optimum paling kecil didapat pada slag baja 15% No.40 sebesar 19%. Semakin kecil ukuran slag baja, nilai berat volume kering maksimum mengalami peningkatan dan nilai kadar air optimumnya mengalami penurunan. Semakin kecil ukuran slag baja menyebabkan nilai CBR semakin meningkat. Dan untuk pengujian nilai pengembangan tanah (swelling) pada tanah asli sebesar 1,53. Penambahan campuran slag baja No.4 dan No.40 menyebabkan nilai pengembangan (swelling) mengalami penurunan. Hasil dari nilai pengembangan yang terendah pada slag baja 15% No.40 sebesar 1,20%. Semakin kecil ukuran butiran slag baja, semakin kecil nilai pengembangan (swelling).

**Kata Kunci** : California Bearing Ratio, Slag Baja, Stabilisasi, Tanah lempung.

### Abstract

According to studies on the soil at Talang Kidul Village, Bayat District, Klaten, the soil is clay with a high plasticity value because its  $PI$  value is  $>17$  percent. Since the soil's physical and mechanical qualities need to be improved and the test results show a  $PI$  value of 25.27, this is necessary. Steel slag was used in order to make repairs. Determine its physical and mechanical properties by adding a mixture of steel slag with percentages of 0%, 5%, 10%, and 15%, as well as by varying the grain size of steel slag through No. 4 and No. 40 sieves. In the Atterberg test,  $PI$  value decreases as the amount of steel slag increases as a percentage.

The smaller the size of the steel slag, the maximum dry volume weight value has increased and the optimum water content value has decreased. For testing the value of soil development (swelling) on the original land of 1.53. The addition of a mixture of No.4 and No.40 steel slag causes the swelling value to decrease. The result of the lowest development value at 15% No.40 steel slag is 1.20%. The smaller the grain size of the steel slag, the smaller swelling value.

**Keywords**: Clay, California Bearing Ratio, Stabilization, Steel Slag.

### 1. PENDAHULUAN

Tanah yang plastisitasnya tinggi dan daya dukung rendah menyebabkan masalah dan harus diperbaiki (Ozdemir MA, 2016). Tanah lempung adalah salah satu tanah dengan daya dukung rendah dan tanah dengan sifat buruk ( Saputra ASD, 2015 ), (Listyawan AB, Renaningsih, Kusumaningtyas N, 2018)

, misalnya permeabilitas rendah (Terzaghi K, Peck RB, 1987). Karakteristik tanah tersebut bisa menyebabkan kerusakan bangunan di atasnya (Listyawan AB, Wiqoyah Q, Sukmawati, 2021), karena itu diperlukan tanah dengan sifat yang baik untuk mengurangi kerusakan bangunan (Listyawan AB, Haedara F, 2019). Sebagai solusi, dilakukan stabilisasi

tanah (Hermiranda AD, 2018). Penelitian Dewi (2017), Kurniawan (2019) dan Wiraprakoso (2017) menyatakan stabilisasi tanah dengan kapur dan trass di Bayat, Pedan dan Ngawi didapatkan hasil nilai CBR *Soaked* tanah asli meningkat seiring dengan penambahan campuran kapur dan trass. Menurut Prasetyo, Sandi (2017) penambahan trass pada tanah lempung Bayat juga meningkatkan nilai CBR.

Tanah Bayat – Klaten, masuk klasifikasi A-7-5, tanah lempung dengan penilaian daya dukung rendah sampai sedang sebagai *subgrade* jalan. Tanah tersebut menurut USCS masuk klasifikasi CH, yaitu tanah lempung *anorganic* dengan plastisitas tinggi/ tanah gemuk (Hananto Y dan Renaningsih, 2018] maka perlu perbaikan. Pada penelitian ini dilakukan penambahan slag baja dengan variasi ukuran butiran lolos saringan No.4 dan No.40 dengan persentase 5%, 10% dan 15% berat sampel untuk menstabilisasi tanah lempung. Slag baja memiliki kandungan CaO sebesar 26,51 % (Herlangga dan Heriyawan, 2014). Limbah slag baja yang akan digunakan untuk penelitian diambil dari CV. Bonjour Jaya daerah Batur, Kecamatan Ceper, Kabupaten Klaten.

Material penyusun slag baja adalah kapur, silika, dan alumina yang bereaksi pada temperatur 1600°C dan berbentuk cairan {Nugroho dan Antoni (2007:106) dalam Vitara, R.I dan Renaningsih. (2019)}. Menurut Herlangga (2014) ada beberapa senyawa yang terkandung dalam slag baja, antara lain: SiO<sub>2</sub> sebesar 35,19 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 19,58 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 6,01 %, MgO 2,95 %, CaO 26,51 %, Na<sub>2</sub>O 3,21 %, MnO 2,63 %.

Penelitian ini bertujuan yang pertama mengetahui sifat fisis tanah lempung di daerah Talang Kidul, Desa Talang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten pada keadaan sebelum dan sesudah dicampur dengan slag baja dengan variasi ukuran butiran lolos saringan No.4 dan No.40 dengan persentase 0%, 5%, 10% dan 15%. Yang kedua yaitu mengetahui sifat mekanis tanah di Desa Talang Kidul, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten dengan pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) rendaman (*soaked*) sebelum dan setelah distabilisasi menggunakan slag baja dengan variasi penambahan sebesar 0%, 5%, 10%, 15 % terhadap berat sampel.

Uji sifat fisis meliputi uji kadar air, *specific gravity*, *Atterberg limits*, *hydrometer*, analisa butiran dan untuk pengujian sifat mekanis adalah uji pemadatan tanah, dan uji CBR (*California Bearing Ratio*). Untuk mengetahui nilai CBR dengan rumus persamaan sebagai berikut:

Nilai beban terkoreksi harus ditentukan untuk setiap benda uji pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inci) dan 5,08 mm (0,20 inci). Nilai CBR, dinyatakan dalam persen, diperoleh dengan membagi nilai beban terkoreksi pada penetrasi, 2,54 mm (0,10 inc) dan 5,08 mm (0,20 inc) dengan beban standar secara berurutan sebesar 13 kN (3000 lbs) dan 20 kN (4500 lbs), dan kalikan dengan 100, lihat persamaan berikut:

$$CBR = \frac{\text{Beban terkoreksi}}{\text{Beban standart}} \times 100 \quad (1)$$

CBR umumnya dipilih pada penetrasi 2,54 mm (0.10 inci). Jika CBR pada penetrasi 5,08 mm (0,20 inci) lebih besar dari CBR pada penetrasi 2,54 mm (0,10 inci), pengujian CBR harus diulang. Jika setelah diulang, tetap memberikan hasil yang serupa, CBR pada penetrasi 5,08 mm (0,20 inci) harus digunakan. Pada pengujian ini dilakukan uji CBR dengan perendaman / CBR *Soaked*. Tanah direndam selama 96 jam dan dihitung nilai pengembangannya dengan rumus: (Standart Nasional Indonesia 1744:2012)

$$\Delta h = \frac{h_1 - h_0}{h_0} \times 100 \quad (2)$$

Keterangan :

$\Delta h$  : pengembangan, dinyatakan (%)

$h_0$  : tinggi awal benda uji

$h_1$  :tinggi benda uji setelah perendaman (mm)

## 2. METODOLOGI

Tanah uji diambil dari Desa Talang, Bayat, Klaten dan slag baja diambil di daerah Batur, Ceper, Klaten. Uji sifat fisis dan mekanis dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Sebelum pengujian, dilakukan penyediaan bahan yaitu sampel tanah lempung lolos saringan no.4 kondisi kering udara dan slag baja lolos saringan no.4 dan no. 40. Kemudian, pembuatan benda uji untuk pengujian sifat fisis tanah asli dan limbah slag baja dengan persentase 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat sampel. Serta dilakukan uji

sifat fisis limbah slag baja yaitu uji berat jenis (*specific gravity*).

Langkah berikutnya dilakukan uji sifat fisis tanah asli yaitu meliputi, uji kadar air (*moisture content*), uji berat jenis (*specific gravity*), uji batas-batas *Atterberg* (*liquid limit, plastic limit, shrinkage limit*), dan analisa ukuran butiran. Setelah itu, pembuatan benda uji *Standard Proctor* tanah asli dan campuran limbah slag baja diperam 24 jam. Kemudian dilakukan uji *Standard Proctor* untuk mendapatkan kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Kadar air optimum akan digunakan untuk penambahan air pada pembuatan benda uji CBR rendaman (*soaked*).

Selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji CBR tanah asli, tanah campuran limbah slag baja dengan persentase 0%, 5%, 10%, dan 15% dengan menggunakan kadar air optimum, diperam 24 jam. Sebelum dilakukan uji CBR benda uji direndaman 4 hari.

Tahap yang terakhir yaitu tahap analisa data dan pembahasan dari hasil pengujian yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Uji Fisis (Tanah Asli dan Slag Baja)

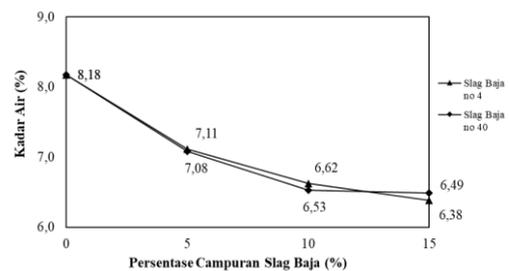
Pengujian Fisis ada beberapa pengujian antara lain: uji kadar air, *specific gravity*, *Atterberg limits*, dan analisa butiran. Hasil pengujian sifat-sifat fisis tanah asli dan tanah campuran slag baja dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel.1. Hasil Uji Fisis

Jenis Pengujian	Slag Baja	Tanah Asli	Slag Baja No. 4			Slag Baja No. 40		
			Presentase Campuran			Presentase Campuran		
			5%	10%	15%	5%	10%	15%
Kadar Air (%)	0	8,18	7,11	6,62	6,38	7,08	6,53	6,49
Berat Jellis (Gs)	3,09	26,67	2,67	2,70	2,74	2,70	2,74	2,78
Batas Cair	-	42,12	37,82	35,8	32,02	38,05	36,02	32,89
Batas Plastis (%)	-	16,85	17,12	19,0	21,89	17,29	19,38	20,35
Batas Susut (%)	-	15,97	16,87	18,3	20,15	16,35	18,22	19,61
Indeks Plastis (%)	-	25,27	20,70	16,8	10,13	20,76	16,64	12,54
Lolos Saringan No.200 (%)	-	67,00	65,00	63,0	60,00	69,00	70,00	72,00
Group Indeks (GI) Klasifikasi Tanah	-	14,68	11,02	8,29	4,06	12,28	9,95	7,53
USCS	-	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL
AASHTO	-	A-7-6	A-6	A-6	A-6	A-6	A-6	A-6

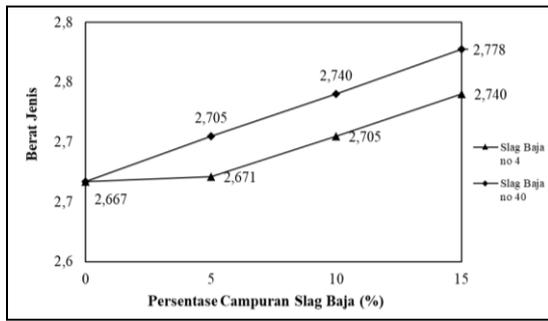
Berdasarkan pengujian ini nilai kadar air tanah campuran slag baja lolos saringan No.4 maupun No.40 lebih rendah dari nilai kadar air tanah asli serta mengalami penurunan

seiring dengan penambahan slag baja. Nilai kadar air tertinggi pada penambahan slag baja 5% lolos saringan No.4 sebesar 7,11%, sedangkan nilai kadar air terendah terdapat pada penambahan slag baja 15% lolos saringan No.4 sebesar 6,38 %. Penurunan disebabkan karena nilai kadar air slag baja lebih rendah dari tanah asli sehingga semakin menurun, bertambahnya persentase slag baja menyebabkan kadar air tanah semakin menurun. Perbedaan ukuran slag baja tidak mempengaruhi nilai kadar air di karenakan slag baja memiliki nilai kadar air 0%. Hubungan antara persentase campuran slag baja dengan nilai kadar air dapat dilihat pada Gambar 1.



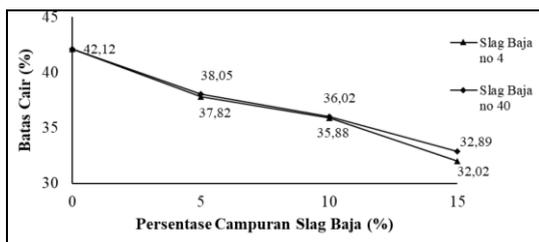
Gambar 1. Hubungan antara persentase campuran slag baja dengan nilai kadar air

Berdasarkan hasil pengujian *specific gravity* tanah asli diperoleh nilai sebesar 2,667 yang termasuk lempung tak organik, berat jenis slag baja sebesar 3,090. Nilai berat jenis mengalami kenaikan setelah dilakukan penambahan slag baja lolos saringan No.4 maupun No.40. Nilai *specific gravity* terendah pada penambahan slag baja 5% No.4 sebesar 2,671, nilai *specific gravity* tertinggi pada penambahan slag baja 15% No.40 sebesar 2,778. Kenaikan nilai *specific gravity* disebabkan karena nilai *specific gravity* slag baja lebih besar daripada nilai *specific gravity* tanah asli, sehingga semakin banyak kandungan slag baja, maka semakin besar pula nilai *specific gravity*. Penambahan campuran slag baja lolos saringan No.40 lebih meningkatkan nilai *specific gravity* dibandingkan penambahan campuran slag baja lolos saringan No.4 disebabkan oleh adanya perbedaan ukuran butiran slag baja. Hubungan antara dengan nilai *specific gravity* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan antara dengan nilai *specific gravity* persentase campuran slag baja

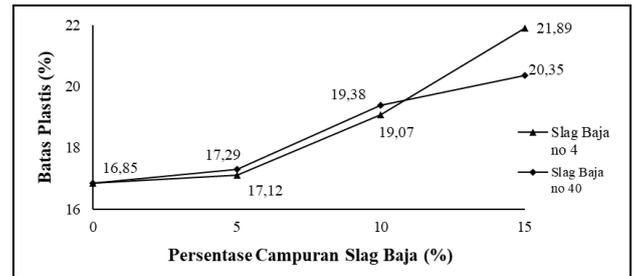
Hasil yang diperoleh uji batas cair menunjukkan adanya penurunan seiring dengan bertambahnya persentase campuran slag. Uji batas cair tanah asli kondisi kering udara sebesar 42,12%. Penurunan terbesar terjadi pada slag baja lolos saringan No.4 dengan persentase 15% sebesar 32,02%. Hal ini terjadi dikarenakan berkurangnya kadar air dengan adanya penambahan persentase slag baja. Nilai batas cair terhadap ukuran butiran slag baja No.4 dan No.40 hampir sama menunjukkan penurunan dengan ada penambahan slag baja. Ukuran slag baja lolos saringan No.40 membuat nilai batas cair semakin besar dibandingkan ukuran slag baja lolos saringan No.4. Hubungan antar nilai batas cair dengan persentase campuran slag baja dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antar nilai batas cair dengan persentase campuran slag baja

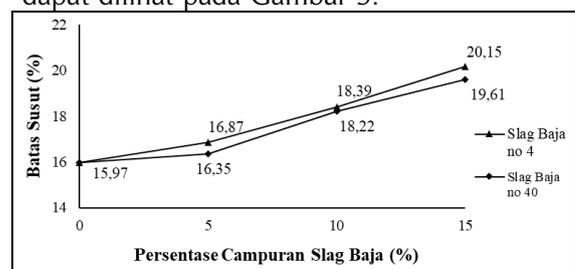
Hasil yang diperoleh nilai batas plastis tanah asli didapatkan sebesar 16,85%, setelah penambahan slag baja lolos saringan No.4 dan No.40 nilai batas plastis mengalami peningkatan. Meningkatnya nilai batas plastis dikarenakan slag baja memiliki gradasi butiran kasar, sehingga setelah penambahan slag baja pada tanah asli

menjadi gradasi butiran tanah semakin kasar, hal tersebut menyebabkan kohesi semakin menurun dan plastisitas tanah juga semakin berkurang. Dan nilai batas plastis tidak menunjukkan perubahan yang besar dengan adanya variasi ukuran butiran slag baja.. Hubungan antara nilai batas plastis dengan persentase campuran dapat dilihat pada Gambar 4.



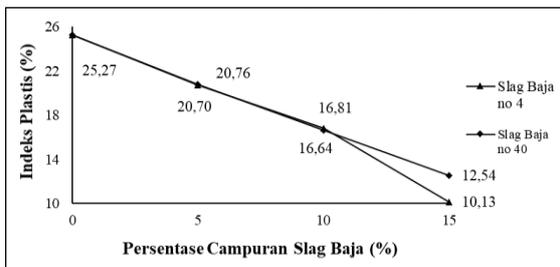
Gambar 4. Hubungan antara nilai batas plastis dengan persentase campuran slag baja.

Nilai batas susut pada tanah asli sebesar 15,97%, setelah penambahan slag baja nilai batas susut mengalami peningkatan. Hal ini terjadi karena slag baja memiliki gradasi butiran kasar sehingga setelah penambahan slag baja pada tanah asli menjadikan gradasi butiran semakin kasar, sehingga menyebabkan butiran tidak mudah terpengaruh oleh perubahan kadar air. Ukuran butiran slag baja lolos saringan No.4 menyebabkan nilai batas susut semakin besar dikarenakan butiran slag baja lolos saringan No.4 butiran lebih besar menyebabkan volume susut semakin kecil dibandingkan dengan slag baja lolos saringan No.40 memiliki ukuran butiran yang lebih kecil. Hubungan antara nilai batas susut dengan persentase campuran dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara nilai batas susut dengan persentase campuran slag baja

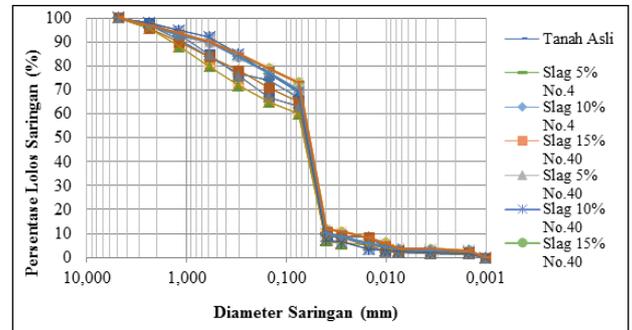
Besarnya nilai PI sangat tergantung oleh nilai LL dan PL. Hasil perhitungan nilai PI tanah asli sebesar 25,27%. Penambahan persentase slag baja dapat menyebabkan menurunkan nilai batas cair dan menaikkan batas plastis, maka *indeks plastisitasnya* akan turun. Penurunan nilai PI terendah pada penambahan slag baja 15% No.4 sebesar 10,13%. Berdasarkan tabel III.2 indeks plastisitas bahwa jika nilai PI campuran slag baja 15% lolos saringan No.4 dan No.40 termasuk jenis tanah lempung kohesif berlanau berplastisitas sedang karena nilai PI diantara 7-17, sedangkan jika nilai PI tanah asli dan campuran slag baja 5%,10% lolos saringan No.4 dan No.40 PI>17 maka termasuk jenis tanah lempung berplastisitas tinggi. Hubungan antara nilai indeks plastisitas dengan persentase campuran dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan antara nilai indeks plastisitas dengan persentase campuran slag baja

Hasil analisis ukuran partikel pada tanah asli yang lolos saringan nomor 200 menunjukkan nilai sebesar 67%. Penambahan terak baja No. mengurangi kemampuan lolos saringan nomor 200, sedangkan penambahan terak baja No. 40 meningkatkan kemampuan lolos saringan No. 200. Pengurangan ini karena terak baja No.40 memiliki ukuran butir yang kasar sehingga ukuran butir diperkecil, tidak mudah lepas dan lolos ayakan nomor 200 diperkecil. Semakin kecil ukuran partikel, semakin besar jumlah steel slag, semakin tinggi jumlah 0 steel slag, semakin tinggi jumlah 200 steel slag. Hasil nilai melewati filter number 200 Maksimal slag 15% dari baja adalah 73%, nilainya dalam Melalui saringan

terendah nomor 200, hasilnya adalah 15% terak baja nomor 40 berkurang 60%. Hubungan antara persentase lolos ayakan dengan diameter ayakan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan Persentase Lolos Saringan dengan Diameter Saringan Berdasarkan Gambar diatas didapat nilai lolos saringan No.200 seperti pada Tabel 2

Tabel 2. Hasil lolos saringan No.200

Jenis Pengujian	Tanah Asli	Slag Baja No. 4			Slag Baja No. 40		
		Presentase Campuran			Presentase Campuran		
		5%	10%	15%	5%	10%	15%
Lolos Saringan No. 200	67,00	65,00	63,00	60,00	69,00	70,00	73,00

Penentuan klasifikasi tanah perlu dilakukan untuk mengetahui jenis tanah campuran slag baja yang didasarkan pengujian sifat fisis. Pada penelitian ini untuk mengklasifikasi tanah asli dan tanah campuran dengan cara metode AASHTO dan USCS. Klasifikasi tanah campuran dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Sifat Fisis beserta Klasifikasinya pada Tanah Campuran

Jenis Pengujian	Slag Baja	Tanah Asli	Slag Baja No. 4			Slag Baja No. 40		
			Presentase Campuran			Presentase Campuran		
			5%	10%	15%	5%	10%	15%
Kadar Air (%)	0	8,18	7,11	6,62	6,38	7,08	6,53	6,49
Berat Jellis (Gs)	3,09	26,67	2,67	2,70	2,74	2,70	2,74	2,78
Batas Cair	-	42,12	37,82	35,88	32,02	38,05	36,02	32,89
Batas Plastis (%)	-	16,85	17,12	19,07	21,89	17,29	19,38	20,35
Batas Susut (%)	-	15,97	16,87	18,39	20,15	16,35	18,22	19,61
Indeks Plastis (%)	-	25,27	20,70	16,81	10,13	20,76	16,64	12,54
Lolos Saringan No.200 (%)	-	67,00	65,00	63,00	60,00	69,00	70,00	72,00
Group Indeks (GI)	-	14,68	11,02	8,29	4,06	12,28	9,95	7,53
Klasifikasi Tanah	-	-	-	-	-	-	-	-
USCS	-	CL	CL	CL	CL	CL	CL	CL
AASIHO	-	A-7-6	A-6	A-6	A-6	A-6	A-6	A-6

Penambahan slag baja No.4 dan No.40 pada tanah asli menyebabkan nilai GI semakin menurun. Nilai GI pada tanah asli didapatkan 16,24. Nilai GI tertinggi pada penambahan slag baja 5% No.40 sebesar 13,41. Nilai GI terendah pada penambahan slag baja 15% No.4 sebesar 4,96. Dilihat pada Tabel AASHTO tanah asli termasuk dalam A-7-6. Penambahan slag baja 5%, 10%, 15% No.4 dan No.40 termasuk kedalam kelompok A-6. Berdasarkan sistem klasifikasi USCS dengan tanah asli dan tanah campuran slag baja 5%, 10%, dan 15% No.4 dan No.40, termasuk spesifikasi CL dengan jenis tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah.

**3.2 Uji Sifat Mekanis Tanah**

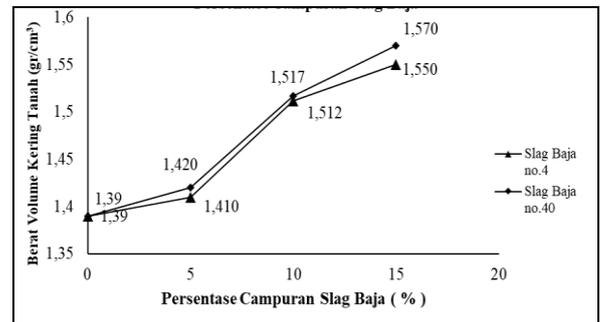
Uji mekanis meliputi uji Standar Proctor, uji *California Bearing Ratio* (CBR) dan uji *Swelling*.

Tabel 4. Hasil uji pematatan Standard Proctor

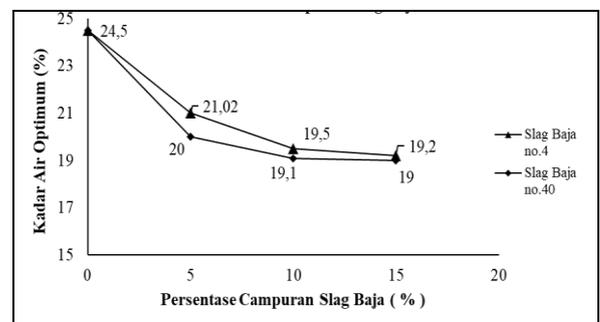
Jenis Pengujian	Tanah Asli	Slag Baja No. 4			Slag Baja No. 40		
		Presentase Campuran			Presentase Campuran		
		5%	10%	15%	5%	10%	15%
$\gamma_d maks$ ( $gr/cm^3$ )	67,00	65,00	63,00	60,00	69,00	70,00	73,00
$\omega_{optimum}$ (%)	24,5	21,0	19,5	19,2	20,0	19,1	19,0

Hasil pematatan Standart Proctor di Tabel 4. Nilai berat volume kering tanah asli 1,390  $gr/cm^3$ . Nilai berat volume kering mengalami peningkatan pada setiap persentase penambahan slag baja No.4 dan No.40. Peningkatan berat volume kering maksimum disebabkan oleh berkurangnya rongga pada tanah dengan persentase penambahan slag baja No.4 dan No. 40 yang semakin banyak. Selain itu yang menyebabkan kenaikan berat volume kering maksimum tanah tersebut karena nilai berat jenis tanah campuran slag baja lolos saringan No.4 dan No.40 setelah dicampur dengan slag baja sehingga terjadi kenaikan berat volume kering maksimum pada tanah campuran, ukuran slag baja lolos saringan No.40 yang semakin kecil menyebabkan semakin berkurangnya volume rongga dan

bertambahnya berat butiran tanah. Nilai berat volume kering maksimum terbesar pada penambahan 15% No.40 sebesar 1,57  $gr/cm^3$ , sedangkan berat volume kering maksimum tanah campuran slag baja terkecil pada panambahan 5% No.4 yaitu 1,41  $gr/cm$ . Kadar air optimum tanah asli sebesar 24,5%. Nilai kadar air optimum paling besar didapat 21% lag baja 5% No.4, sedangkan nilai kadar air optimum paling kecil didapat pada slag baja 15% No.40 sebesar 19%. Peunurunan kadar air optimum disebabkan karena volume rongga dalam tanah semakin berkurang seiring dengan penambahan slag baja No.4 dan No.40 sehingga mengakibatkan berkurangnya pori-pori tanah yang dapat terisi air. Semakin kecil ukuran butiran slag baja akan mengisi volume rongga dalam tanah sehingga semakin berkurangnya pori-pori pada tanah. Hubungan berat isi kering maksimum dengan kadar air optimum dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9.



Gambar 8. Hubungan Antara Berat Volume Kering Dengan Presentase Penambahan Slag Baja



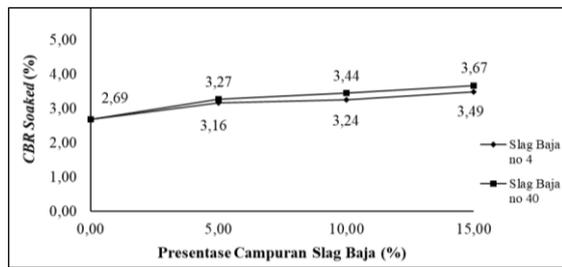
Gambar 9. Hubungan Antara Kadar Air Optimum Dengan Presentase Penambahan Slag Baja

Pada penelitian ini dilakukan pengujian CBR *Soaked* atau dengan perendaman. Pengujian CBR *Soaked* atau dengan perendaman dilakukan selama 4 hari. Hasil pengujian CBR *Soaked* tanah asli dan tanah campuran dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengujian CBR *Soaked*

No	Sampel Tanah		Nilai CBR <i>Soaked</i>
1	Tanah Asli		2,69
2	Lolos	Tanah Asli + 5% Slag Baja	3,16
3	Saringan No 4	Tanah Asli + 10% Slag Baja	3,24
4	No 4	Tanah Asli + 15% Slag Baja	3,49
5	Lolos	Tanah Asli + 5% Slag Baja	3,27
6	Saringan No 40	Tanah Asli + 10% Slag Baja	3,44
7	No 40	Tanah Asli + 15% Slag Baja	3,67

Hubungan antara persentase penambahan slag baja dengan variasi butiran lolos saringan nomor 4 dan nomor 40 sebesar 5%, 10%, dan 15% dengan nilai CBR *Soaked* dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Gambar Hubungan Antara Nilai CBR *Soaked* dengan Persentase Penambahan Slag Baja

Pada Tabel 5. menunjukkan bahwa penambahan slag baja mempengaruhi nilai CBR. Semakin besar penambahan slag baja maka nilai CBR yang didapatkan semakin meningkat. Nilai CBR dipengaruhi oleh kualitas bahan dan kepadatan yang tergantung pada nilai berat volume kering maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ) dan kadar airnya. Kualitas bahan berhubungan dengan kekasaran bahan dan kekuatan bahan. Nilai berat volume kering maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ) mengalami peningkatan menyebabkan tanah menjadi padat sehingga kemampuan menahan beban pada tanah menjadi besar dan mengakibatkan nilai CBR meningkat. Penambahan slag baja menghasilkan nilai CBR yang semakin besar maka penambahan slag baja dapat

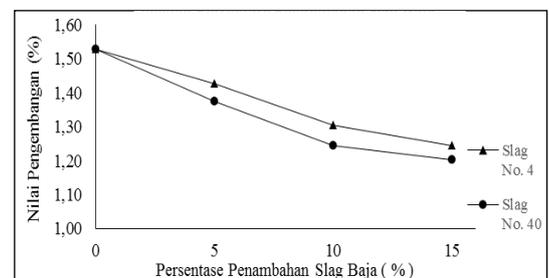
direkomendasikan untuk memperbaiki nilai kuat dukung tanah. Pada uji mekanis tanah dilakukan pemeraman dengan penambahan air ( $W_{opt}$ ) pada tanah selama 24 jam. Berbeda dengan uji fisis yang tidak dilakukan pemeraman terlebih dahulu, hal ini menyebabkan tanah dan slag baja mengalami sementasi. Sementasi terjadi karena adanya reaksi antara slag baja dan tanah, slag baja sendiri memiliki kandungan CaO sebesar 26,51% (Herlangga dan Heriyawan, 2014). Akibat terjadinya sementasi, nilai berat volume kering maksimum mengalami peningkatan dan menyebabkan nilai CBR meningkat.

Nilai pengembangan (*swelling*) pada tanah lempung dipengaruhi oleh nilai berat volume kering maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ) dan nilai CBR. Semakin besar nilai berat volume kering maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ) dan nilai CBR, maka semakin kecil pula nilai swelling atau nilai pengembangan. Hal ini disebabkan akibat kondisi tanah yang semakin padat, sehingga tanah tidak mudah mengembang. Hasil uji pengembangan/*swelling* dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 6. Hasil Uji Pengembangan/*Swelling*

Jenis Pengujian	Tanah Asli	Slag Baja No 4		Slag Baja No 40			
		5%	10%	5%	10%	15%	
Pengembangan (%)	1,53	1,43	1,31	1,25	1,37	1,25	1,20

Hubungan antara nilai pengembangan dengan penambahan slag baja dengan variasi butiran lolos saringan no 4 dan no 40 sebesar 5%, 10% dan 15% dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Gambar Hubungan Antara Nilai Pengembangan/*Swelling* dengan Persentase Penambahan Slag Baja

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan di atas dapat ditarik kesimpulan:

1. Hasil pengujian sifat fisis, nilai kadar air tanah dengan penambahan slag baja semakin menurun. Dan nilai berat jenis slag baja lebih besar dibandingkan nilai berat jenis tanah asli, yang menyebabkan nilai berat jenis tanah campuran semakin naik. Pada uji *Atterberg*, semakin besar penambahan persentase slag baja maka nilai PI akan semakin menurun. Perbedaan ukuran butiran slag baja No.4 dan No.40 menunjukkan nilai PI yang hampir sama dan semakin menurun dengan ada penambahan slag baja. Pengujian analisa ukuran butiran memperoleh hasil dengan adanya penambahan persentase slag baja No.4 semakin berkurang nilai lolos saringan No.200 dikarenakan fraksi kasar.
2. Nilai lolos saringan No.200 semakin meningkat dengan adanya penambahan slag baja No.40 disebabkan fraksi halus. Klasifikasi tanah dilihat pada Tabel AASHTO tanah asli termasuk dalam A-7-6. Penambahan slag baja 5%, 10%, 15% No.4 dan No.40 termasuk kedalam kelompok A-6. Berdasarkan sistem klasifikasi USCS dengan tanah asli dan tanah campuran slag baja 5%, 10%, dan 15% No.4 dan No.40, termasuk spesifikasi CL dengan jenis tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah.
3. Persentase campuran slag baja akan menyebabkan nilai kadar air optimum semakin turun. Berbeda dengan nilai berat volume kering maksimum semakin bertambah persentase campuran slag baja akan menyebabkan penambahan berat volume kering maksimum pada tanah. Hasil uji sifat mekanis tanah yang telah dicampurkan dengan bahan tambah berupa slag baja sebesar 5%, 10%, dan 15% mampu meningkatkan nilai berat volume kering ( $\gamma_{dmaks}$ ) dan nilai CBR, penambahan slag baja juga mampu menurunkan nilai kadar air

optimum ( $\omega_{opt}$ ) dan nilai pengembangan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Dewi, Ratih Fitriana, (2017). Kuat Dukung Subgrade Yang Distabilisasi Dengan Trass dan Kapur, Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.. Surakarta: Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Herlangga, Heriyawan (2014). Pengaruh Terak Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tarik dan Berat Jenis Beton Dengan Metode Campuran Perbandingan 1:2:3. Skripsi tidak dipublikasikan. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Hermirianda AD. (2018) Pengaruh Penambahan Limbah Plastik dan Abu Sekam Padi Terhadap Nilai CBR, Swelling, dan Nilai Permeabilitas Tanah Lempung. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Hananto Y dan Renaningsih, (2018). Analisis Kuat Dukung Tanah Lempung Bayat Klaten dengan Bahan Stabilisasi Serbuk Bata Merah dan Gypsum. Skripsi. Surakarta: Univ. Muhammadiyah Surakarta.
- Kurniawan, Danang., (2019). Tinjauan Nilai Kuat Dukung Tanah Lempung Pedan Klaten Yang Distabilisasi dengan Trass dan Kapur. Surakarta: Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Listyawan, A.B dkk. (2017). Mekanika Tanah dan Rekayasa Pondasi. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Listyawan AB, Haedara F. (2019). Settlement Analysis on Circle Footing Foundation Reinforced by Concrete Waste above Red Brick Dust Column. AIP Conf Proc. 2019 Jun 26;2114:1-7.
- Listyawan AB, Renaningsih, Kusumaningtyas N. (2018). Bearing Capacity Of Circular Skirted Footing On Clay Soil. IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2018;403(1).

- Listyawan AB, Wiqoyah Q, Sukmawati TA. (2021). Shear Strength Evaluation of Silt-Clay Soil under Uni-Axial Compression. *J Phys Conf Ser.* 2021;1858(1):1–9.
- Ozdemir MA. (2016). Improvement in Bearing Capacity of a Soft Soil by Addition of Fly Ash. In: *Procedia Engineering* [Internet]. Turkey: Elsevier B.V.; 2016. p. 498–505. Available from:<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.063>
- Prasetio dan Sandi., (2017). *Kuat Dukung Tanah Lempung Bayat Klaten Yang Distabilisasi Dengan Tra.* Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta. Surakarta: Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Saputra ASD. (2015). *Pengaruh Campuran Limbah Plastik dengan Tanah Lempung Ditinjau terhadap Nilai Daya Dukung Tanah.* Lampung: Universitas Lampung.
- Standart Nasional Indonesia 1744:2012 tentang Metode Uji CBR Laboratorium.
- Terzaghi K, Peck RB. (2020). *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa.* II. Bagus IW, Ir. Krisna BR, editors. Vol. 2, Erlangga. Jakarta: Erlangga; 1987. 1–373 p.
- Vitara, R.I and, Renaningsih. (2019). *Pengaruh Penambahan Limbah Slag Baja Sebagai Bahan Campur Tanah Lempung Terhadap Penurunan Konsolidasi Tanah Di Daerah Bayat.* Surakarta : Skripsi, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Wiraprakoso, Hafizan Adlan. (2017). *Stabilisasi tanah Ekspansif Dengan Campuran Kapur dan Trass Ditinjau Dari Nilai California Bearing Ratio (CBR) dan Swelling Parameter tanah.* Surakarta: Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret,