

Stabilisasi Tanah dengan Penambahan *Slag* Semen Ksi serta Pengaruhnya terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (Studi Kasus: Jl. Munjul, Kp. Ciherang, Desa Pasir Tenjo, Kecamatan Sindang Resmi, Kabupaten Pandeglang)

Rama Indera Kusuma¹, Enden Mina², Mohamad Ainal Yaqien³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jenderal Sudirman Km. 3 Cilegon 42435, Banten

Email : mohamadainal75@gmail.com

INTISARI

Dalam konstruksi sipil, tanah memiliki peranan penting. Tanah berfungsi menahan beban akibat bangunan, seperti pada konstruksi jalan raya, bendungan tipe urugan, dan timbunan saluran irigasi, sehingga kuat atau tidaknya bangunan konstruksi ini juga dipengaruhi oleh kondisi tanah yang ada. Untuk mencapai suatu kondisi tanah yang memungkinkan, maka tanah tersebut harus melalui suatu proses stabilisasi tanah.

Penelitian ini meninjau kerusakan jalan yang terjadi di Jalan Munjul – Sindang Resmi, Kabupaten Pandeglang dan bertujuan untuk mengetahui klasifikasi dan jenis tanah berdasarkan sistem klasifikasi USCS dengan melakukan pengujian analisa besar butir, batas – batas *atterberg*, uji pemadatan, serta uji kuat tekan bebas (UCT) yang bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan bebas (Q_u) tanah sebelum dan sesudah di stabilisasi menggunakan *slag* semen KSI dengan variasi persentase 0%, 10%, 20%, dan 30% dan waktu pemeraman 0, 7, 14, dan 28 hari.

Dari hasil pengujian fisik tanah diperoleh klasifikasi tanah pada Jalan Munjul termasuk kedalam jenis OH menurut sistem klasifikasi USCS yaitu tanah lempung organik dengan plastisitas tinggi, dan hasil uji kuat tekan bebas didapat nilai Q_u optimum pada kadar *slag* semen 20% dengan waktu pemeraman 7 hari, yaitu sebesar $4,53 \text{ kg/cm}^2$ dengan persentase kenaikan 169,64%.

Kata Kunci : stabilisasi, UCT, *slag* semen

ABSTRACT

In civil construction, soil has an important role. The function of the soil is to support the load of buildings, such as in the construction of highways, dam types, and heaps of irrigation channels, so that the strength of the building is also influenced by the existing soil conditions. To achieve a possible soil condition, the soil must go through a soil stabilization process.

*This research reviews the road damage that occurred at Munjul Road-Sindang Resmi Subdistrict, Pandeglang Regency and aims to determine the classification and type of soil based on the USCS classification system by grain size analysis, *atterberg* limits, compaction tests, and unconfined compression strength test (UCT) which is aimed to know of the unconfined compressive strength value (q_u) of the soil before and after stabilization by adding KSI slag cement with variations in the percentage of 0%, 10%, 20%, and 30%.*

From the results of the research, the classification of soil on Munjul Road was included in the OH type according to the USCS classification system, namely organic clay with high plasticity. The optimum q_u value obtained from the addition of slag cement was at 20% with 7 days ripening, that is 4.53 kg/cm^2 with a percentage increase at 169.64%.

Keyword : stabilization, UCT, slag cement

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral – mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan – bahan organik yang telah melapuk

(yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang – ruang kosong di antara partikel – partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil. Disamping itu tanah berfungsi

juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan.^[7]

Tanah merupakan salah satu material konstruksi yang susunan agregatnya sangat kompleks dan heterogen serta tidak bersifat sangat eksak. Kekuatannya tergantung dari banyak hal, seperti jenis tanah itu sendiri, kepadatan, keadaan cuaca serta metode pengujian kekuatan tanah.^[15]

Suatu tanah yang terdapat dilapangan apabila bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan dan apabila mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permaebilitasnya yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasi sehingga dapat memenuhi syarat – syarat teknis yang diperlukan. Pada pekerjaan konstruksi, tanah harus memenuhi persyaratan sebagai daya dukung. Dan karena tuntutan perencanaan yang harus memenuhi spesifikasi, maka penelitian terhadap kondisi tanah harus dilakukan. Pada tanah yang kondisinya tidak memenuhi spesifikasi diperlukan penanganan khusus untuk menstabilisasikan tanah tersebut. Stabilitas tanah dapat dicapai dengan cara pemadatan, penyesuaian gradasi, penambahan bahan aditif misalnya kapur, semen, dan lain – lain.^[9]

Pasir, lempung, lanau, atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat kohesif dan plastis, sedang pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis.

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran, atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung tidak hanya terdiri dari partikel lempung, dapat bercampur dengan butir – butir ukuran lanau maupun pasir, dan mungkin terdapat campuran bahan organik.^[12]

Kerusakan jalan yang terjadi di Jl. Munjul, Kp. Ciherang, Desa Pasir Tenjo, Kecamatan Sindang Resmi, Kabupaten Pandeglang, menimbulkan pertanyaan, apa jenis dan klasifikasi tanah yang terdapat di daerah

tersebut dan berapa kuat tekan bebas tanah tersebut. Maka dari itu, agar dapat mengatasi masalah tersebut perlu pengkajian sifat – sifat tanah agar kekuatan konstruksi jalan sesuai dengan sifat – sifat tanah yang layak digunakan dan perlu adanya upaya perbaikan tanah melalui usaha stabilisasi tanah. Metode stabilisasi tanah yang akan dilakukan ini yaitu dengan menggunakan bahan *aditif* (bahan tambah). Pada penelitian ini, digunakan *slag* semen sebagai bahan tambah.

1.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian stabilisasi tanah ini adalah di Jl. Munjul, Kp. Ciherang, Desa Pasir Tenjo, Kecamatan Sindang Resmi, Kabupaten Pandeglang.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Sumber: Google Maps, 25 Februari 2019



Gambar 2. Kondisi Lokasi Penelitian

Sumber: Google Maps, 25 Februari 2019

2. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini mengacu pada beberapa penelitian sebelumnya. Penelitian pertama, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Rani, Tulasi, dan Krishna (2017) tentang penggunaan *ground granulated blast furnace slag* (*slag* semen) sebagai bahan stabilisasi pada tanah ekspansif serta

pengaruh terhadap nilai kuat tekan bebas tanah, dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai batas cair (LL), batas plastis (PL) dan indeks plastisitas (PI) menurun. Dari hasil uji pemadatan ada penurunan kadar air optimum dan peningkatan berat isi kering maksimum ketika *slag* semen ditambahkan. Penambahan *slag* semen telah meningkatkan nilai kuat tekan bebas (qu) hingga persentase *slag* semen 40%.^[5]

Penelitian kedua, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kusuma, Mina, dan Rahman (2016) tentang stabilisasi tanah dengan menggunakan *fly ash* serta pengaruhnya terhadap nilai kuat tekan bebas, dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian fisik tanah menunjukkan bahwa tanah tersebut masuk pada golongan tanah campuran lanau organik dan pasir sangat halus, tepung batuan, pasir halus berlanau atau berlempung dengan sedikit plastisitas (ML). Hasil pengujian UCT didapat nilai qu tertinggi didapat dari tanah dengan kadar *fly ash* sebesar 20% dengan lama pemeraman selama 21 hari yang menghasilkan nilai qu sebesar 2,55kg/cm², meningkat sebesar 202,38% dari nilai terendah yaitu 1,26 kg/cm². Hasil pengujian sifat fisis tanah dengan penambahan *fly ash* menaikkan nilai batas plastis, semakin banyak kadar *fly ash* maka nilai batas plastis semakin besar. Penambahan *fly ash* menaikkan nilai batas cair, semakin banyak kadar *fly ash* maka nilai batas cair semakin besar. Penambahan *fly ash* menurunkan nilai berat jenis, semakin banyak kadar *fly ash* maka nilai berat jenis semakin kecil.^[4]

Penelitian ketiga, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pathak, Pandey, Murani, dan Singh (2014) tentang stabilisasi tanah menggunakan *ground granulated blast furnace slag* (*slag* semen) dan pengaruhnya terhadap nilai kuat tekan bebas dan nilai CBR, dapat disimpulkan bahwa dengan kenaikan persentase *slag* semen, kadar air optimum terus menurun sementara kepadatan kering maksimum terus meningkat, maka kompaktibilitas tanah meningkat dan membuat tanah menjadi lebih padat dan keras. Dengan kenaikan persentase *slag* semen membuat berat isi

tanah terus meningkat, sehingga membuat tanah menjadi lebih padat. Dengan kenaikan persentase *slag* semen, batas plastis dan indeks plastisitas menurun. Dengan kenaikan persentase *slag* semen telah meningkatkan nilai kuat tekan bebas tanah. Dengan kenaikan persentase *slag* semen menyebabkan peningkatan permeabilitas dan mengurangi pengaruh tekanan air pori dan meningkatkan kekuatan tanah sehingga stabilitas tanah meningkat.^[1]

3. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dicoba untuk melakukan stabilisasi tanah *subgrade* dengan penambahan *slag* semen. Secara garis besar, tahapan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu pengambilan tanah *subgrade* pada sisi perkerasan jalan, kemudian dilakukan pencampuran menggunakan *slag* semen dengan persentase 0%, 10%, 20%, dan 30%.

Pada tahapan pertama, penulis mencari sumber pustaka (buku, jurnal ilmiah, dan artikel ilmiah), mencari informasi lokasi yang akan dikaji, dan dipilih bagian dari sumber pustaka sehingga memunculkan ide yang akan dikaji sebagai suatu masalah.

Tahapan kedua yaitu pengambilan sampel tanah di Jl. Munjul, Kp. Ciherang, Desa Pasir Tenjo, Kecamatan Sindang Resmi, Kabupaten Pandeglang pada titik koordinat -6.555753,105.961156. Tanah yang diambil adalah tanah *disturbed* (tanah terganggu). Tanah diambil dengan cara dicangkul dan dimasukkan ke dalam karung.



Gambar 3. Pengambilan Sampel Tanah

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2019

tahapan yang ketiga yaitu melakukan pengujian fisik tanah yang meliputi analisa besar butir, berat jenis butir, kadar air, batas plastis, batas cair, dan pemadatan. Hasil pengujian ini akan didapatkan karakteristik tanah.

Tahapan keempat yaitu pencampuran bahan tambah menggunakan *slag* semen KSI sesuai dengan proporsi yang telah ditentukan, lalu dilakukan pemeraman dengan waktu 0, 7, 14, dan 28 hari.



Gambar 4. Slag Semen KSI
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2019

Tabel 1. Matriks Jumlah Sampel

Persentase (%)	Waktu Pemeraman (Hari)			
	0	7	14	28
0	3	3	3	3
10	3	3	3	3
20	3	3	3	3
30	3	3	3	3
Jumlah	48 Sampel			

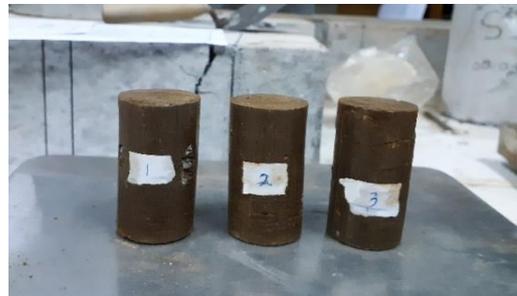
Sumber: Hasil Analisa, 2019



Gambar 5. Pemeraman Sampel Tanah

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2019

Pada tahapan kelima, dilakukan pengujian kuat tekan bebas untuk mengukur seberapa kuat tanah menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran – butirannya juga mengukur regangan tanah akibat tekan tersebut. Dalam tahap ini tanah yang telah distabilisasi diuji dengan alat kuat tekan bebas. Tanah yang dicetak silinder diuji dengan diberikan pembebanan untuk mengetahui nilai kuat tekan bebas. Pengujian dihentikan sampai tanah mengalami pecah atau mengalami perpendekan 20% dari tinggi awalnya.^[21]



Gambar 6. Benda Uji Kuat Tekan Bebas
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2019



Gambar 7. Pengujian Kuat Tekan Bebas
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2019

Setelah semua tahapan pengujian selesai dilakukan, selanjutnya menganalisa data yang telah di dapat dari laboratorium dan dihitung dengan ketentuan :

- 1) Kadar air (sesuai dengan SNI 1965:2008)
- 2) Batas cair (sesuai dengan SNI 1967:2008)
- 3) Batas plastis (sesuai dengan SNI 1966:2008)
- 4) Analisis saringan (sesuai dengan SNI 3423:2008)
- 5) Berat jenis (sesuai dengan SNI 1964:2008)
- 6) Pemadatan ringan (sesuai dengan SNI 1742:2008)
- 7) Pengujian kuat tekan bebas tanah berpedoman pada ASTM D2166-00.

4. Analisis dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian Fisik Tanah Asli

Tabel 2. Data Propertis Tanah Asli

Propertis Tanah	Satuan	Nilai Hasil Uji
Analisa Besar Butir	%	64,90
Berat Jenis Tanah		2,640
Batas Cair	%	51
Batas Plastis	%	30,89
Indeks Plastisitas	%	19,86
Kadar Air Optimum	%	33,90
Berat Volume Kering	gram/cm ³	1,262
DCP	%	2,40

Sumber: Hasil Analisa, 2019

Indeks plastisitas (IP) tanah asli diperoleh 19,86%. Menurut USCS, nilai indeks plastisitas dan jenis tanah pada Jalan Munjul – Sindang Resmi, Kabupaten Pandeglang, (nilai IP>17%) termasuk dalam jenis tanah lempung organik (OH) yang memiliki sifat plastisitas tinggi dan bersifat kohesif. Maka dari itu, tanah di jalan tersebut layak untuk dilakukan stabilisasi. [22]

4.2 Perbandingan Tanah Asli dengan Bahan Tambah Slag Semen

Tabel 3. Perbandingan Nilai Batas Atterberg

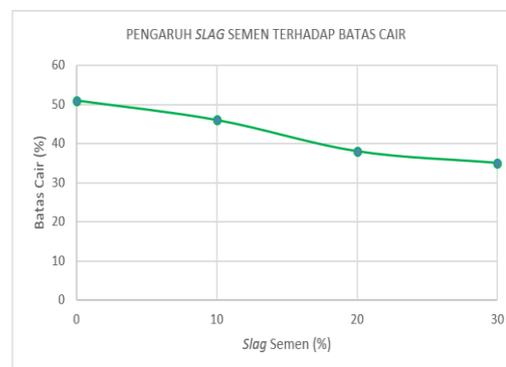
Nama Properti s Tanah	Tanah Asli	Kadar Slag Semen 10%	Kadar Slag Semen 20%	Kadar Slag Semen 30%
Batas Cair	51%	46%	38%	35%
Batas Plastis	30,89%	27,17%	22,97%	22,94%
Indeks Plastisitas	19,86%	18,83%	15,03%	12,06%

Sumber: Hasil Analisa, 2019

Nilai batas cair, batas plastis, dan indeks plastisitas tanah asli menurun setelah diberikan penambahan slag semen. Ini membuktikan bahwa dengan semakin banyak persentase penambahan slag semen maka akan membuat nilai PI menurun.

4.3 Pengaruh Penambahan Slag Semen Terhadap Batas Cair (LL)

Nilai LL pada tanah asli sebesar 51%, pada penambahan slag semen 10%, 20%, dan 30% nilai LL turun menjadi 46%, 38%, dan 35%. Dengan penambahan slag semen maka nilai LL semakin kecil.

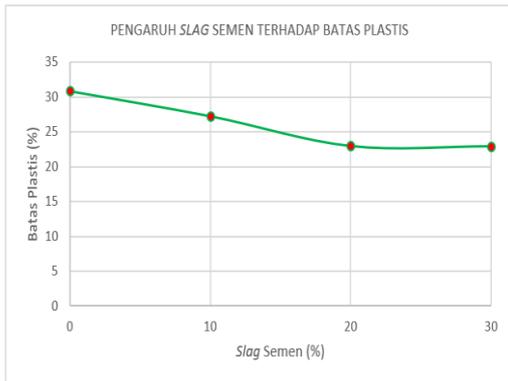


Gambar 8. Pengaruh Slag Semen terhadap Nilai Batas Cair (LL)

Sumber: Hasil Analisa, 2019

4.4 Pengaruh Penambahan Slag Semen Terhadap Batas Plastis (PL)

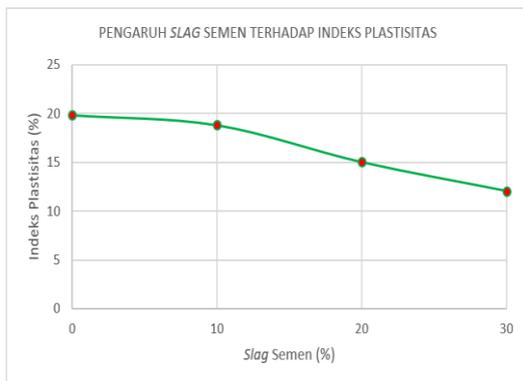
Hasil uji batas cair di laboratorium untuk tanah dengan kadar slag semen 0%, 10%, 20%, dan 30% dapat dilihat pada grafik 1. Nilai PL pada tanah asli sebesar 30,89%, pada penambahan slag semen 10%, 20%, dan 30% harga PL masing – masing turun menjadi 27,17%, 18,83%, dan 12,06%. Dengan penambahan slag semen maka nilai PL semakin kecil.



Gambar 9. Pengaruh *Slag* Semen terhadap Nilai Batas Plastis (PL)
 Sumber: Hasil Analisa, 2019

4.5 Pengaruh Penambahan *Slag* Semen terhadap Indeks Plastisitas (PI)

Nilai PI pada tanah asli sebesar 30,89%, pada penambahan *slag* semen 10%, 20%, dan 30% nilai PI masing – masing turun menjadi 27,17%, 18,83%, dan 12,06%. Dengan penambahan kadar *slag* semen maka nilai PI semakin menurun.



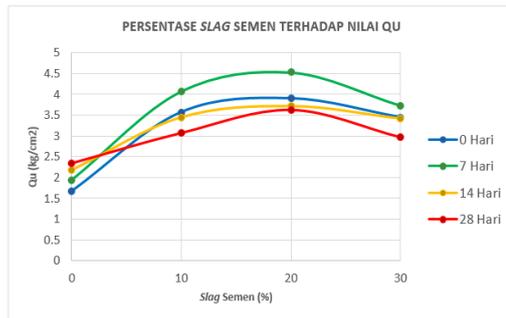
Gambar 10. Pengaruh *Slag* Semen terhadap Nilai Indeks Plastisitas (PI)
 Sumber: Hasil Analisa, 2019

4.6 Pengaruh Penambahan *Slag* Semen terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (Qu)

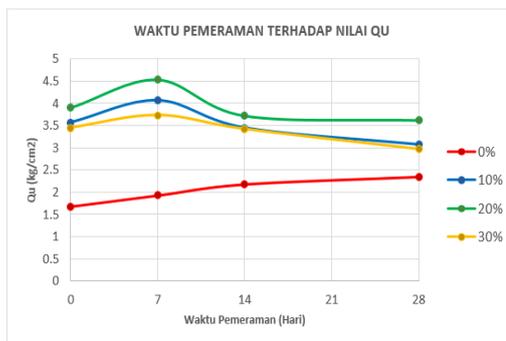
Tabel 4. Nilai Qu dengan Persentase Kadar *Slag* Semen

Kadar <i>Slag</i> Semen	Waktu Pemeraman (Hari)	Qu (kg/cm ²)	Persentase Kenaikan (%)
0%	0	1.68	-
	7	1.93	14.88
	14	2.18	29.76
	28	2.35	39.88
10%	0	3.57	112.50
	7	4.07	142.26
	14	3.45	105.36
	28	3.07	82.74
20%	0	3.90	132.14
	7	4.53	169.64
	14	3.72	121.43
	28	3.62	115.48
30%	0	3.45	105.36
	7	3.73	122.02
	14	3.42	103.57
	28	2.97	76.79

Sumber: Hasil Analisa, 2019



Gambar 11. Pengaruh kadar *Slag* Semen terhadap Nilai Qu
 Sumber: Hasil Analisa, 2019



Gambar 12. Pengaruh Waktu Pemeraman terhadap Nilai Qu
 Sumber: Hasil Analisa, 2019



Gambar 13. Pola Keruntuhan Tanah Asli
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2019



Gambar 14. Pola Keruntuhan Tanah dengan Kadar Slag Semen 30%
Sumber: Dokumentasi Penulis, 2019

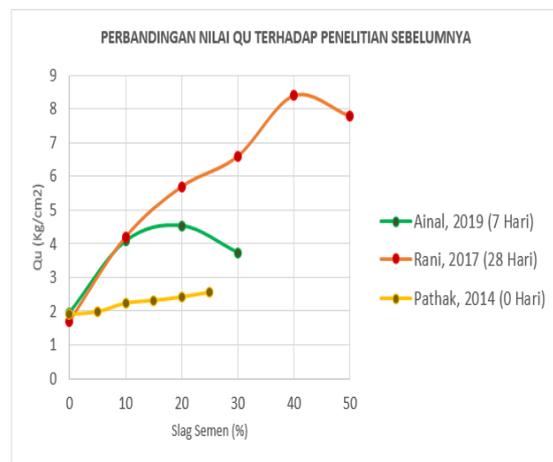
Data yang dihasilkan dari pengujian kuat tekan bebas menunjukkan bahwa dengan penambahan *slag* semen memberi pengaruh terhadap kuat tekan bebas tanah. Nilai *qu* meningkat pada kadar *slag* semen 10% hingga 20% dan menurun pada kadar *slag* semen 30%. Dari penambahan kadar *slag* semen 10%, 20% dan 30%, seluruhnya terjadi penurunan nilai *qu* masing – masing pada waktu pemeraman 14 dan 28 hari.

4.7 Perbandingan Nilai PI dan Qu dengan Penelitian Sebelumnya



Gambar 15. Perbandingan Nilai PI terhadap Penelitian Sebelumnya
Sumber: Hasil Analisa, 2019

Dari grafik diatas dapat dilihat nilai IP optimum penelitian penulis yaitu 15,03%, nilai IP optimum penelitian sebelumnya (Rani, 2017) sebesar 22%, dan nilai IP optimum penelitian sebelumnya (Pathak, 2014) sebesar 12,46%.

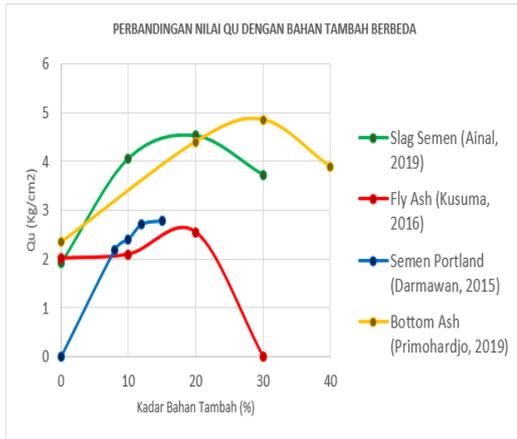


Gambar 16. Perbandingan Nilai Qu terhadap Penelitian Sebelumnya dengan bahan tambah yang sama
Sumber: Hasil Analisa, 2019

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai *Qu* optimum penelitian penulis yaitu 4,53 kg/cm² pada kadar *slag* semen 20% dengan waktu pemeraman 7 hari, nilai *Qu* optimum penelitian sebelumnya (Rani, 2017) sebesar

8,4 kg/cm² pada kadar *slag* semen 40% dengan waktu pemeraman 28 hari, dan nilai *Qu* optimum penelitian sebelumnya (Pathak, 2014) sebesar 2,56 kg/cm² pada kadar *slag* semen 25% dengan waktu pemeraman 0 hari.

4.8 Perbandingan Nilai *Qu* dengan Bahan Tambah Berbeda



Gambar 17. Perbandingan Nilai *Qu* terhadap Penelitian Sebelumnya dengan Bahan Tambah Berbeda
Sumber: Hasil Analisa, 2019

Pada diatas dapat dilihat nilai *Qu* optimum tanah dengan bahan tambah *slag* semen terdapat pada kadar campuran 20% dengan waktu pemeraman 7 hari yaitu sebesar 14,53 kg/cm², nilai *Qu* optimum tanah dengan bahan tambah *fly ash* terdapat pada kadar campuran 20% dengan waktu pemeraman 21 hari sebesar 2,55 kg/cm², nilai *Qu* optimum tanah dengan bahan tambah semen *portland* terdapat pada kadar campuran 15% dengan waktu pemeraman 0 hari sebesar 2,785 kg/cm², dan nilai *Qu* optimum tanah dengan bahan tambah *bottom ash* terdapat pada kadar campuran 30% dengan waktu pemeraman 28 hari sebesar 4,857 kg/cm².

4.9 Klasifikasi Tanah Dasar untuk Jalan

Tabel 5. Persyaratan Nilai CBR dan PI Untuk Konstruksi Badan Jalan

No.	Material	CBR (%)	PI (%)
1	Subgrade	> 6%	< 15%
2	Subbase	> 20%	< 10%

3	Base Course	> 50%	< 4%
---	-------------	-------	------

Sumber: SNI 1966: 2008, SNI 03-1744: 1989

Mengacu pada tabel diatas, salah satu syarat tanah dapat dijadikan sebagai *subgrade* harus memiliki nilai PI < 15%. Pada penelitian ini nilai PI optimum yaitu sebesar 15,03%, sehingga tanah dengan kadar optimum *slag* semen tidak memenuhi persyaratan untuk dijadikan sebagai *subgrade*. [28]

6. Kesimpulan dan Saran

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa stabilisasi tanah dengan penambahan *slag* semen pada Jalan Munjul – Sindang Resmi, Kabupaten Pandeglang yaitu sebagai berikut:

- 1) Pada pengujian sifat fisik, tanah di lokasi tersebut menurut sistem klasifikasi USCS termasuk kedalam kelompok OH dengan nilai indeks plastisitas sebesar 19,86%, yaitu tanah lempung organik dengan tingkat plastisitas tinggi, sehingga tanah di daerah tersebut perlu dilakukan stabilisasi.
- 2) Dari hasil pengujian kuat tekan bebas, didapat nilai *Qu* tanah asli sebesar 1,68 kg/cm² mengalami kenaikan pada kadar optimum 20% *slag* semen dengan waktu pemeraman 7 hari yaitu sebesar 4,53 kg/cm² dengan persentase kenaikan sebesar 169,64%.
- 3) Pada pengujian sifat fisik tanah dengan bahan tambah *slag* semen, didapatkan nilai indeks plastisitas dengan nilai yang menurun di setiap persentase, nilai indeks plastisitas pada nilai kuat tekan bebas optimum sebesar 15,03% bersifat plastisitas sedang dan kohesif, dan nilai indeks plastisitas terendah yaitu sebesar 12,06% bersifat plastisitas sedang dan kohesif. Nilai indeks plastisitas tanah dengan kadar *slag* semen optimum tidak memenuhi syarat sebagai *subgrade* karena memiliki nilai PI lebih besar dari 15%.

6.2 Saran

Penelitian tentang stabilisasi tanah ini masih belum sepenuhnya sempurna, oleh karena itu diharapkan untuk penelitian selanjutnya:

- 1) Untuk penelitian stabilisasi tanah dengan penambahan *slag* semen selanjutnya, dapat digunakan persentase kadar *slag* semen pada *range* 5% – 25%.
- 2) Stabilisasi dengan penambahan *slag* semen dapat dikombinasikan dengan penambahan semen *portland* untuk meningkatkan nilai kuat tekan bebas tanah yang signifikan.
- 3) Melakukan pemadatan tanah dengan bahan tambah untuk menemukan kadar air optimum yang sesuai dengan proporsi kadar *slag* semen pada tanah.
- 4) Pada saat pemeraman tanah dengan kadar *slag* semen dipastikan bahwa tidak ada udara saat proses pemeraman atau meminimalisir udara yang masuk saat pemeraman berlangsung.
- 5) Ada beberapa bahan tambah lainnya untuk stabilisasi tanah, dan dapat dicari literatur kandungan zat kimia yang dapat digunakan untuk stabilisasi tanah.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. K. Pathak, V. Pandey, K. Murari, and J. P. Singh, "Soil Stabilisation Using Ground Granulated Blast Furnace Slag," *I. J. Eng. Research and Applications*, vol. 4, no. 5, pp. 164 – 171, May. 2014.
- [2] E. Mina, R. I. Kusuma, and A. I. Primohardjo, "Pengaruh Penambahan Bottom Ash Sebagai Usaha Perbaikan Tanah dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas," *J. Fondasi*, Aug. 2019.
- [3] E. Mina, R. I. Kusuma, and J. Ridwan, "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Pasir Laut dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas," *J. Fondasi*, vol. 6, no. 2, pp. 15-21, Oct. 2017.
- [4] R. I. Kusuma, E. Mina, and T. Rahman, "Stabilisasi Tanah Dengan Menggunakan Fly Ash dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas," *J. Fondasi*, vol. 5, no. 1, pp. 99-104, 2016.
- [5] T. G. Rani, K. Tulasi, and S. R. Krishna, "Ground Granulated Blast Furnace Slag as an Expansive Soil Stabilizer," *J. STEM*, vol. 3, no. 1, pp. 2455-2065, Apr. 2017.
- [6] H. C. Hardiyatmo, *Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada, 2010.
- [7] J. E. Bowless, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Bandung: Erlangga, 1991.
- [8] Krakatau Steel, *Kerja Sama Pemanfaatan Limbah Baja*. Cilegon: PT. Krakatau Steel, 2017.
- [9] L. D. Wesley, *Mekanika Tanah*. Jakarta Selatan: Pekerjaan Umum, 1988.
- [10] (2017) *Apa Yang Dimaksud Stabilisasi Tanah* [Online]. Available: <https://medium.com>.
- [11] (2018) *Ground Granulated Blast Furnace Slag* [Online]. Available: <https://krakatausemenindonesia.com>.
- [12] T. Besta. (2014). *Stabilisasi Tanah* [Online]. Available: <https://bestananda.blogspot.com>.
- [13] (2016) *Uji Kuat Tekan Bebas (Unconfined Compression Strength Test) UCS* [Online]. Available: <https://tambangnp.blogspot.com>.
- [14] *Cara Uji Berat Jenis Tanah*, SNI-1964, 2008.
- [15] *Cara Uji Kepadatan Ringan Untuk Tanah*, SNI-1742, 2008.
- [16] *Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah*, SNI-1967, 2008.
- [17] *Cara Uji Penentuan Batas Plastis dan Indeks Plastisitas Tanah*, SNI-1966, 2008.
- [18] *Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium*, SNI-1965, 2008.
- [19] *Metode Uji Kuat Tekan Bebas Tanah Kohesif*, SNI-3638, 2012.

- [20] *Soil Survey Standard Test Method*, USCS, 1952.
- [21] *Spesifikasi Semen Slag Untuk Digunakan Dalam Beton dan Mortar*, SNI-6385, 2016.
- [22] *Uji Kepadatan Berat Untuk Tanah*, SNI-1743, 2008.
- [23] *Penanganan Tanah Ekspansif Untuk Konstruksi Jalan*, Pd-T-10, 2005.
- [24] *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen*, Pd-T-14, 2003.