

# STABILISAI TANAH GAMBUT MENGGUNAKAN CAMPURAN SERBUK BATA MERAH DITINJAU DARI PENGUJIAN KONSOLIDASI

Imam Nurrosied<sup>1)</sup>, Niken Silmi Surjandari<sup>2)</sup>, R. Harya Dananjaya H.I.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

<sup>2) 3)</sup> Pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret

Jalan Ir. Sutami No.36A Surakarta 57126. Telp: 0271647069. Email : [imamnurrosied24@gmail.com](mailto:imamnurrosied24@gmail.com)

## ABSTRACT

Peat soil is known to have a large pore value and high water content, thus it has a very low bearing capacity and compressibility. It is needed improvement in order to increase the bearing capacity and reduce compressibility when burdened. Chemical stabilization is one improvement method commonly used. In this research, brick powder is used the additive material.

This research was conducted in the laboratory using consolidation test to determine the effect of brick powder with respect to consolidation parameters ( $C_c$  values). Brick powder additive variations of 0 % , 3 % , 5 % , 7 % , 9 % , 11 % , 13 % and 15 % where tested accordingly with curing time of 24 hours.

The results showed an increase of improvement parameter in the soil stabilization of peat soil. This can be seen in the decline of  $C_c$  value by 0.12. The highest optimal variation was obtained on the additive 11 % of brick powder, with a  $C_c$  value of 0.113.

---

**Keywords:** *stabilization, peat soil, brick powder, consolidation, value of  $C_c$*

## ABSTRAK

Tanah gambut dikenal mempunyai angka pori dan kadar air tinggi, sehingga daya dukungnya sangat rendah dan kemampumampatannya sangat tinggi. Maka diperlukan perbaikan agar dapat mendukung beban yang lebih besar dan mengurangi kemampatan yang terjadi bila dibebani. Salah satu dari stabilisasi yang umum digunakan adalah stabilisasi kimia. Pada penelitian ini bahan tambah yang digunakan adalah serbuk bata merah.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium mekanika tanah menggunakan alat uji konsolidasi untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk bata merah terhadap parameter konsolidasi (nilai  $C_c$ ). Variasi penambahan serbuk bata merah yang diuji yaitu 0%, 3%, 5%, 7%, 9%, 11%, 13%, dan 15% dari berat kering udara tanah gambut tersebut.

Hasil penelitian menunjukkan parameter konsolidasi meningkat, hal ini terlihat pada menurunnya nilai  $C_c$ . Variasi campuran paling optimal terdapat pada penambahan serbuk bata merah 11%, dengan nilai  $C_c$  0.113.

---

**Kata kunci:** *stabilisasi, tanah gambut, serbuk bata merah, konsolidasi, nilai  $C_c$*

## PENDAHULUAN

Kurang lebih 10.8% luas daratan di Indonesia adalah lahan gambut yang sebagian besar tersebar di Pulau Kalimantan, Sumatera dan Papua (Wetlands International, 2004, dalam Mochtar dkk, 2014). Dalam rangka pemerataan ekonomi di seluruh wilayah Indonesia maka pembangunan infrastruktur berkembang pesat seiring dengan kebutuhan hidup manusia yang semakin tinggi. Sehingga lahan yang dibutuhkan untuk pembangunan infrastruktur meningkat tak terkecuali pembangunan di atas lahan gambut. Tanah gambut dikenal sebagai tanah yang angka pori dan kadar airnya sangat tinggi sehingga daya dukungnya sangat rendah dan kemampumampatannya sangat tinggi. Untuk itu diperlukan perbaikan agar dapat mendukung beban besar dan tidak mampat bila dibebani. Metode perbaikan tanah gambut yang umum digunakan adalah dengan pemasangan cerucuk kayu (*corduroy*), pembuatan kolom-kolom pasir, pemberian beban awal (*preloading*) untuk memampatkan lapisan gambut, dan pengelupasan lapisan gambut (bila lapisannya tipis) yang kemudian diganti dengan tanah berkualitas baik. Upaya yang efektif dan efisien untuk meningkatkan kemampuan dari tanah gambut adalah stabilisasi. Salah satu dari stabilisasi yang umum digunakan adalah stabilisasi kimia.

## TINJAUAN PUSTAKA

Stabilisasi tanah gambut Rawa Pening menggunakan 5% semen *Portland* dan *gypsum* sintesis (5%, 10%, 15%) dengan masa perawatan (0 hari, 14 hari, 28 hari) meningkatkan nilai CBR dari 2.78% menjadi 8.17% pada campuran 5% PC dan 10% *gypsum* dengan masa perawatan 28 hari (Rakhman, 2002).

Stabilisasi tanah gambut Rawa Pening menggunakan 5% *Portland cement* dan *gypsum* sintesis (5%, 10%, 15%) dengan masa *curing* (0 hari, 7 hari) meningkatkan nilai CBR maksimum sebesar 8.985% terdapat pada kadar 5% PC dan 15% *gypsum* sintesis dengan masa *curing* 7 hari (Nugroho, 2008).

Stabilisasi tanah gambut Rawa Pening menggunakan *gypsum* sintesis (0%, 7%, 14%) dan abu sekam padi (0%, 3%, 6%) dengan masa *curing* (0 hari, 7 hari) meningkatkan nilai CBR 2 kali lipat dari tanah gambut asli serta menurunkan nilai *swelling* (Widodo, 2008).

Stabilisasi tanah gambut dengan gula pasir (0%, 3%, 6%) dan *gypsum* sintesis (0%, 7%, 4%) dengan masa *curing* (0 hari, 7 hari) meningkatkan nilai CBR dua kali lipat dari nilai CBR tanah gambut asli serta nilai pengembangan (*swelling*) menjadi lebih kecil dari tanah gambut asli (Susilo, 2008).

Stabilisasi tanah gambut dengan penambahan *gypsum* sintesis ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ) dan garam dapur ( $NaCl$ ) menjadi bahan stabilisasi yang baik apabila digunakan secara bersamaan dari pada secara terpisah, dengan hasil penelitian menunjukkan nilai kapasitas daya dukung ( $q_u$ ) tanah gambut sebesar 276.1138 kg/cm<sup>2</sup>, nilai  $C_c$  terkecil 0.082 cm/det<sup>2</sup>, serta nilai  $C_v$  terbesar 0.130 cm/det<sup>2</sup> (Nugroho, 2014).

Stabilisasi tanah lempung dengan serbuk bata merah meningkatkan nilai CBR *soaked* dan *unsoaked*, dengan hasil penelitian menunjukkan nilai CBR *soaked* tanah asli 0.6% menjadi 1.38% pada tanah campuran 5% bubuk bata merah dan 5% kapur, sedangkan nilai CBR *unsoaked* tanah asli meningkat sebesar 7.94% menjadi 10.44% (Wiqoyah dkk., 2013).

## LANDASAN TEORI

Tanah adalah kumpulan butiran mineral alami (agregat) yang bisa dipisahkan dengan mengaduk agregat tersebut dalam air. Sedangkan batuan (*rock*) merupakan agregat mineral yang satu sama lainnya diikat oleh gaya kohesif yang permanen dan kuat (Terzaghi dan Peck: 1967, dalam Nugroho: 2014).

Gambut adalah bahan organik setengah lapuk berserat atau suatu tanah yang mengandung bahan organik berserat dalam jumlah besar. Gambut mempunyai angka pori yang sangat tinggi dan *compressible* (Dunn dkk, 1980, dalam Nugroho, 2014).

Tanah gambut terbentuk dari unsur-unsur organik seperti Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O<sub>2</sub>), Nitrogen (N), dan umumnya memiliki *pH* rendah. Gambut dibentuk oleh timbunan bahan sisa tanaman yang berlapis-lapis hingga ketebalan >30 cm dan terbentuk dengan waktu yang sangat lama dengan proses geogenik (Hardjowegeno, 1986). Berdasarkan ASTM D4427-92 (2002) tanah gambut adalah tanah dengan kandungan organik tinggi karena proses pembusukan (*dekomposisi*) tumbuhan, dan dapat diklasifikasikan berdasarkan kadar serat, kandungan abu (ASTM D2974), tingkat absorpsi (ASTM D2980) dan tingkat keasaman (ASTM D2976).

Adapun ciri-ciri tanah gambut secara umum adalah memiliki warna coklat tua sampai kehitaman disebabkan oleh pembusukan yang diikuti senyawa humik (Mac Farlane: 1959, dalam Nugroho: 2014), memiliki kapasitas menyimpan air yang besar sekitar 2 – 4 kali dari berat bobot keringnya, memiliki pori-pori besar yang menyebabkan mudahnya tanah gambut dilewati oleh air, dan struktur tanah gambut rapuh atau mudah hancur apabila dalam keadaan kering.

## STABILISASI TANAH

Stabilisasi tanah adalah suatu metode yang digunakan untuk meningkatkan kemampuan daya dukung suatu lapisan tanah dengan cara memberikan perlakuan khusus terhadap lapisan tanah tersebut (Panguriseng, 2001). Jenis-jenis stabilisasi berdasarkan mekanisme kerja komposit antara massa tanah dengan bahan stabilizer adalah: Stabilisasi kimia (menggunakan baha-bahan kimia), stabilisasi fisik (menggunakan energi yang disalurkan kedalam lapisan tanah), stabilisasi mekanis (menggunakan material sisipan kedalam lapisan tanah), dan stabilisasi *thermal* (menggunakan panas untuk membakar material tanah, sehingga kadar air kristal massa tanah menjadi sangat rendah).

## BATA MERAH

Bata merah dibuat dari tanah liat atau lempung dengan atau tanpa campuran bahan lain, yang dibakar pada suhu yang tinggi sehingga tidak hancur lagi bila direndam air. Material bata yang baik terdiri atas pasir (*silica*) dan tanah liat (*alumina*), yang dicampur dalam perbandingan tertentu sehingga bila ditambahkan dengan sedikit air menjadi bersifat plastis (Ari Swastikawati, 2011). Tanah liat termasuk hidrosilikat alumina dan dalam keadaan murni mempunyai rumus  $Al_2O_3, 2SiO_2, 2H_2O$  dengan perbandingan berat dari unsur-unsurnya: 47%, 39%, dan 14%.

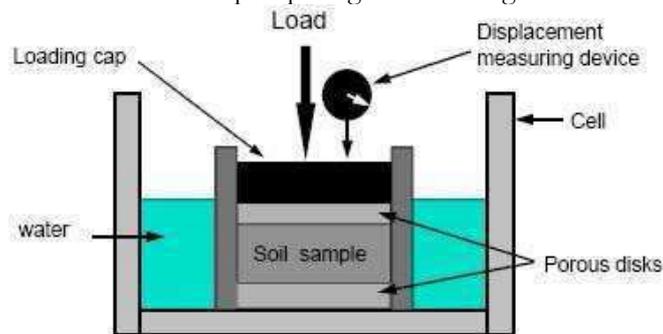
## PENGUJIAN PEMADATAN

Pemadatan tanah merupakan proses mekanis dimana udara dalam pori tanah dikeluarkan. Tujuan pemadatan tanah adalah memperbesar kekuatan tanah, memperkecil pengaruh air pada tanah, serta memperkecil *compressibility* dan daya rembes air. Uji pemadatan tanah laboratorium ada 2 macam yaitu: *standard proctor test* dan *modified proctor test*.

## KONSOLIDASI

Bila lapisan tanah jenuh berpermeabilitas rendah dibebani, maka tekanan air pori di dalam tanah tersebut segera bertambah. Hal ini menyebabkan air mengalir ke lapisan tanah yang memiliki tekanan air pori lebih rendah, sehingga tanah mengalami penurunan (Hardiyatmo, 2007). Konsolidasi adalah proses dimana tanah yang jenuh air mengalami kompresi akibat beban dalam suatu periode waktu tertentu. Maksud dari uji konsolidasi adalah memberikan beban secara bertahap kepada contoh tanah dan mengukur perubahan volume (perubahan tinggi) terhadap waktu. Kedua faktor tersebut sangat mempengaruhi penurunan yang terjadi terhadap tanah. Uji konsolidasi satu dimensi (*one dimensional consolidation*) biasanya dilakukan di laboratorium dengan alat *oedometer* atau *konsolidometer* (lihat Gambar 1). Beban  $p$  diterapkan di atas benda uji, dan penurunan diukur dengan arloji pembacaan (*dial gauge*). Umumnya beban diterapkan dalam periode 24 jam, dengan benda uji selalu terendam air. Penambahan beban secara periodik diterapkan pada contoh tanah.

Penambahan beban adalah dua kali penambahan sebelumnya untuk mendapatkan hasil terbaik, dengan urutan besar beban: 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 8, 16 kg/cm<sup>2</sup> (Leonard, 1962 dalam Soedarmo dkk, 1997). Untuk tiap penambahan beban, deformasi dan waktu dicatat kemudian diplot pada grafik semi logaritmik.

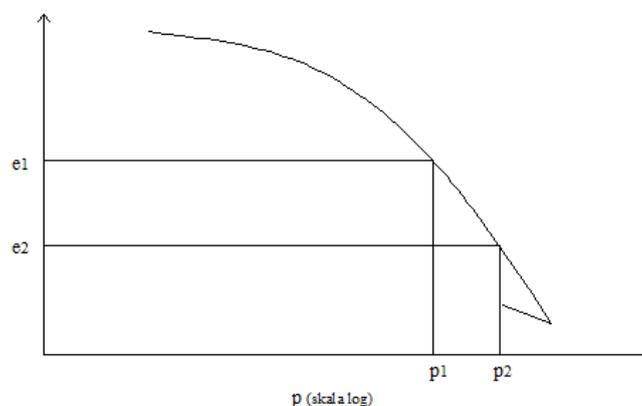


Gambar 1. *Layout Oedometer* (Team Soil Mechanic Lab. UNS, 2011)

Salah satu dari parameter konsolidasi adalah nilai indeks kompresibilitas ( $C_c$ ) yang didapat dari kemiringan kurva hubungan antara  $e$  dan  $\log p$  untuk dua titik yang terletak pada bagian lurus grafik dalam Gambar 2. Pada penelitian ini nilai  $C_c$  yang digunakan hanya nilai  $C_c$  laboratorium yang didapat dari persamaan:

dimana:

- $e_1$  : angka pori awal,
- $e_2$  : angka pori berikutnya.
- $p_1$  : tegangan awal, dan
- $p_2$  : tegangan berikutnya.



Gambar 2. Grafik hubungan  $\log p$  terhadap  $e$

## METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan adalah metode eksperimen, dengan melakukan pengujian dan mengolah data pengujian untuk mendapatkan nilai-nilai parameter dari benda yang diuji. Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret. Tanah gambut yang digunakan adalah tanah gambut yang diambil dari Rawa Pening, Ambarawa, Jawa Tengah. Tanah gambut dijemur sampai kondisi kering udara sebelum digunakan, kemudian ditumbuk dan disaring. Tanah yang digunakan sebagai bahan dalam penelitian ini adalah tanah yang lolos saringan no.4. Pengujian-pengujian yang dilakukan adalah pengujian kadar air, *specific gravity*, *bulk density*, kadar abu dan organik, pemadatan (*proctor test*), dan konsolidasi. Variasi campuran serbuk bata merah yang digunakan adalah 0%, 3 %, 5 %, 7 %, 9 %, 11 %, 13 %, dan 15%.

## ANALISIS HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Analisis hasil pengujian yang dilakukan adalah pengujian pendahuluan (kadar air, *specific gravity*, *bulk density*, kadar abu dan organik), pemadatan (*proctor test*), dan konsolidasi.

### Uji pendahuluan

Pengujian pendahuluan ini dilakukan untuk mengetahui klasifikasi tanah gambut Rawa Pening yang akan digunakan sebagai sampel pengujian. Hasil pengujian pendahuluan yang didapat antara lain: kadar air tanah asli, *specific gravity*, *bulk density*, kadar abu, dan kadar bahan organik. Hasil pengujian pendahuluan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik tanah gambut Rawa Pening

No	Pengujian	Nilai
1	Kadar air tanah asli	630.75%
2	<i>Specific gravity</i>	1.694
3	<i>Bulk density</i>	0.01026 N/cm <sup>3</sup>
4	Kadar abu	43.13%
5	Kadar organik	57.87%

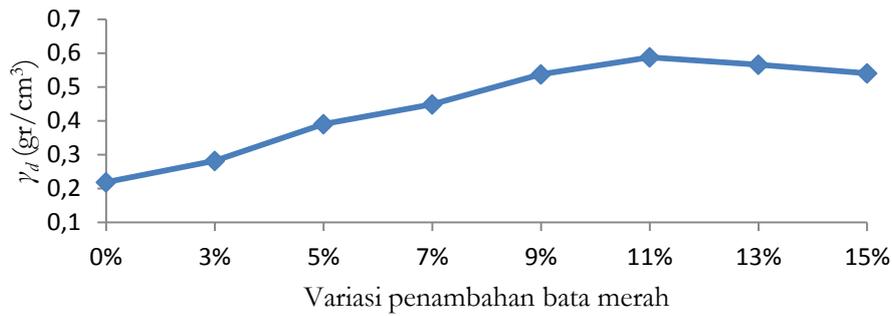
### Uji pemadatan

Pengujian *proctor* bertujuan untuk mengetahui nilai  $w_{opt}$  yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji penelitian. Rekapitulasi hasil pengujian *proctor* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi hasil pengujian *proctor*

No	Variasi penambahan bata merah	$w_{opt}$ (%)	$\gamma_b$ (N/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (N/cm <sup>3</sup> )
1	0%	262	0.7929	0.2190
2	3%	229	0.9281	0.2821
3	5%	108	0.8126	0.3907
4	7%	79	0.8034	0.4488
5	9%	67	0.8976	0.5374
6	11%	47	0.8641	0.5878
7	13%	67	0.9454	0.5661
8	15%	144	1.3188	0.5405

Dari Tabel 3. dapat digambarkan hubungan penambahan bata merah dengan menunjukkan adanya pengaruh bata merah nilai berat isi kering ( $\gamma_d$ ) seperti terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 3. Hubungan persentase (%) penambahan bata merah dengan  $\gamma_d$

### Uji konsolidasi

Pengujian konsolidasi dilakukan dengan pembacaan pada dial *oedometer* dan dicatat tiap waktu tertentu. Hasil pengujian konsolidasi terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengamatan pengujian konsolidasi tanah gambut + 0% bata merah

Waktu (menit)	Pembebanan (N/cm <sup>2</sup> )	Pembacaan dial						
		4.905	9.81	19.62	39.24	78.48	156.96	78.48
0		1129.0	986.5	948.0	884.0	797.5	690.0	565.0
0.25		1021.0	970.0	932.0	859.5	781.5	655.0	602.0
0.5		1015.0	969.5	928.0	857.5	766.0	651.5	602.0
1		1013.0	969.0	925.5	854.0	764.5	647.5	602.0
2		1011.0	968.5	924.5	851.0	751.5	644.0	602.0
4		1009.5	968.0	922.5	846.5	747.0	639.5	602.0
8		1008.0	967.5	920.0	843.0	742.0	634.0	602.0
15		1006.0	966.5	918.0	839.5	737.0	629.0	602.0
30		1003.0	963.5	913.5	834.5	731.5	621.0	602.0
60		999.5	962.0	910.0	828.0	724.0	614.5	602.0
120		996.5	960.5	907.0	824.5	717.5	604.0	602.0
240		995.0	958.0	901.0	818.0	709.5	594.0	602.0
480		991.5	953.5	896.0	810.5	702.0	582.5	602.0
960		989.0	950.0	889.0	804.0	696.0	566.0	602.0
1440		986.5	948.0	884.0	797.5	690.0	565.0	602.0

Setelah pengujian selesai kemudian didapatkan:

Berat cawan	= 12.58 gram	= 0.123 N
Berat cawan + tanah basah	= 78.08 gram	= 0.766 N
Berat cawan + tanah kering	= 26.26 gram	= 0.257 N
Berat sampel kering ( $W_d$ )	= 0.25761 - 0.12341	= 0.134 N
Luas penampang ( $A$ )	= $\frac{1}{4} \times 3.14 \times 6^2$	= 28.26 cm <sup>2</sup>
Specific gravity ( $G_s$ )	= 1.694	
Tinggi contoh tanah mula-mula ( $H_0$ )	= 2.00 cm	

#### 1. Perhitungan angka pori ( $e$ )

Hasil perhitungan angka pori dapat dilihat pada Tabel 5, untuk langkah-langkahnya digunakan persamaan sebagai berikut:

- a. Tinggi efektif benda uji ( $H_s$ )

$$H_s = \text{---}$$

b. Angka pori asli ( $e_0$ )

$$e_0 = \text{---}$$

c. Besar penurunan yang terjadi pada pembebanan ( $\Delta H$ )

$$\Delta H = (\text{Diall awal sebelum pembebanan} - \text{diall akhir}) \times 0.001$$

d. Perubahan angka pori pada setiap pembebanan ( $\Delta e$ )

$$\Delta e = \Delta H : H_v$$

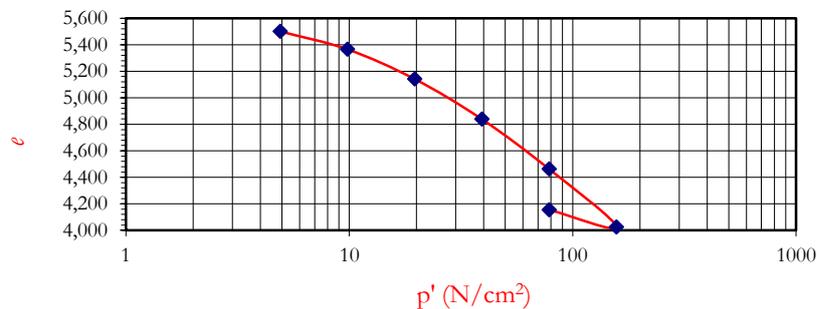
e. Angka pori ( $e$ )

$$e = e_0 - \Delta e$$

2. Menggambarkan hubungan pembebanan ( $p$ ) dengan angka pori ( $e$ ) berdasar Tabel 4.10. seperti terlihat pada Gambar 4.3.

Tabel 5. Perhitungan angka pori ( $e$ )

Pembebanan (N/cm <sup>2</sup> )	Diall akhir	$\Delta H$ (cm <sup>-3</sup> )	$\Delta H$ (cm)	$\Delta$ (cm)	$\Delta e$	$e$ ( $e_0 - \Delta e$ )
0	1129.0	0	0	0	0	6.000
4.905	986.5	142.5	0.143	0.071	0.499	5.502
9.81	948.0	181.0	0.181	0.091	0.634	5.367
19.62	884.0	245.0	0.245	0.123	0.858	5.143
39.24	797.5	331.5	0.332	0.166	1.160	4.840
78.48	690.0	439.0	0.439	0.220	1.537	4.464
156.96	565.0	564.0	0.564	0.282	1.974	4.026
78.48	602.0	527.0	0.527	0.264	1.845	4.156



Gambar 4. Hubungan angka pori ( $e$ ) dengan  $\log p$

Dari Tabel 5. dan Gambar 4. maka nilai nilai  $e$  dan  $p$  dapat diketahui, sehingga nilai  $C_c$  dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$e_1 = 4.840$$

$$e_2 = 4.464$$

$$p_1 = 39.24$$

$$p_2 = 78.48$$

$$\text{---} = 0.233$$

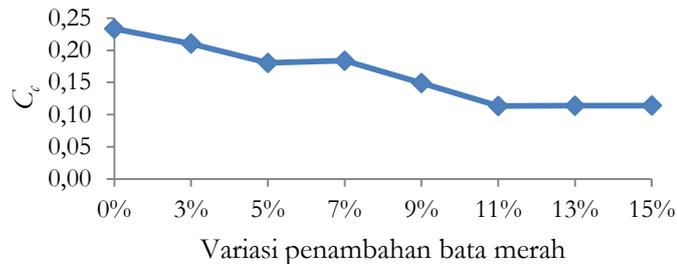
Perhitungan serupa dilakukan pada variasi penambahan bata merah yang lain. Rekapitulasi hasil perhitungan nilai  $C_c$  seluruh variasi penambahan bata merah dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi hasil perhitungan nilai  $C_c$

Variasi penambahan bata merah	$C_c$
0%	0.233

3%	0.210
5%	0.180
7%	0.184
9%	0.149
11%	0.113
13%	0.114
15%	0.114

Dari Tabel 6. maka dapat digambarkan hubungan variasi penambahan bata merah dengan nilai  $C_c$  seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan penambahan bata merah dengan nilai  $C_c$

## KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan analisis data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tanah gambut Rawa Pening yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam klasifikasi tanah gambut yang memiliki daya serap sedang dengan nilai kadar air ( $w$ ) 630.75% dan kadar abu yang tinggi dengan kandungan abu 43.13%.
2. Tanah gambut asli memiliki  $C_c$  sebesar 0.234
3. Nilai  $C_c$  setelah dilakukan penghitungan dari hasil uji konsolidasi pada tanah gambut yang diberi penambahan bata merah terbesar adalah 0.210 pada campuran tanah gambut + bata merah 3% dan yang terkecil 0.113 pada campuran tanah gambut + bata merah 11%.

Berdasar hasil penelitian disimpulkan bahwa penggunaan bahan tambah bata merah dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi yang baik pada tanah gambut.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Dr. Niken Silmi Surjandari, S.T., M.T. dan R. Harya Dananjaya H.I., S.T., M.T. yang telah membimbing dan memberi arahan serta masukan dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- ASTM, 2002
- Hardiyatmo, H.C., 2007 *Mekanika tanah 2*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Mochtar, N. E. dkk., 2014 Pengaruh Usia Stabilisasi pada Tanah Gambut Berserat yang Distabilisasi dengan Campuran  $\text{CaCO}_3$  dan *Pozzolan*, Jurnal, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS
- Nugroho, F. E., 2014 *Stabilisasi Tanah Gambut Rawa Pening Menggunakan Campuran Gypsum Sintetis ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) Dan Garam Dapur ( $\text{NaCl}$ ) Ditinjau Dari Pengujian Konsolidasi*, Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, FT-UNS
- Nugroho, S.A, 2012 *Stabilisasi Tanah Gambut Riau Menggunakan Campuran Tanah Non Organik dan Semen Sebagai Bahan Timbunan Jalan*, Jurnal Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
- Panguriseng, D., 2001 *Stabilisasi Tanah*, Buku Ajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas "45" Makasar
- Prasetyo, G., 2014 *Stabilisasi Tanah Gambut Rawa Pening Menggunakan Campuran Gypsum Sintetis ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) Dan Garam Dapur ( $\text{NaCl}$ ) Ditinjau Dari Pengujian Direct Shear*, Skripsi S1 Jurusan Teknik Sipil, FT-UNS
- Soedarmo, G.D. dan Purnomo, S.J.E., 1997, *Mekanika Tanah 2*, Kanisius, Yogyakarta

- Susilo.G, 2008, *Pengaruh Penambahan Gula Pasir dan Gypsum Sintetis (CaSo<sub>4</sub>. 2H<sub>2</sub>O) Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Gambut Rawa Pening Ditinjau Dari Nilai Sweeling dan CBR*, Jurnal, Universitas Negeri Semarang
- Swastikawati, A., 2011 *Standar Pengujian Kualitas Bata Pengganti*, Jurnal Balai Konservasi Peninggalan Borobudur
- Widodo, 2008, *Pemanfaatan Abu Sekam Padi dan Gypsum Sintetis (CaSo<sub>4</sub>. 2H<sub>2</sub>O) Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Gambut*, Universitas Negeri Semarang
- Wiqoyah dan Purnomosidi, 2013, *Perbaikan Subgrade Dengan Serbuk Bata Merah dan Kapur*, Jurnal Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhamadiyah Surakarta
- Yunan A.R, 2002, *Stabilisasi Tanah Gambut Rawa Pening Dengan Semen dan Gypsum Sintetis (CaSo<sub>4</sub>, 2H<sub>2</sub>O)*, Thesis Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang