

Kajian Karakteristik dan Kuat Geser Tanah Gambut dengan Penambahan Semen Tipe 1 Sebagai Bahan Perbaikan Tanah (Studi Kasus : Tanah Rawa Pening, Kabupaten Semarang)

Komang Sidhi¹, Aniko Helda Nuryanto² dan Daniel Hartanto³

³Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang
Email: daniel@unika.ac.id

ABSTRAK

Stabilisasi tanah gambut rawa pening dengan menggunakan portland cement tipe I dengan pencampuran 5%,10% dan 15% terhadap berat kering menyebabkan beberapa perubahan fisis tanah gambut dari kondisi aslinya antara lain : menurunkan kadar air sebesar 515,25%. Sedangkan berat isi tanah basah (γ) meningkatkan sebesar 19,33%. Berat jenis tanah (G_s) meningkatkan sebesar 9,6%. Sedangkan kadar pH tanah meningkatkan sehingga bersifat basa. Pengujian dengan standart Proctor menghasilkan kadar air optimum menurun sebesar 9,7% dan berat isi kering maksimum ($\gamma_{dry\ maks}$) meningkatkan berat isi kering maksimum sebesar 3,23%. Pengujian kuat geser dengan direct shear mengalami peningkatan pada setiap masa perawatan yang diberikan yaitu 14 hari dan 28 hari. Nilai kohesi (c) mencapai maksimum pada campuran 15% dengan masa perawatan 28 hari yaitu sebesar 0,145 kg/cm², tetapi nilai sudut geser (ϕ) mencapai maksimum pada saat campuran 15% masa perawatan 14 hari yaitu 63,6 °.

Kata kunci: *Stabilisasi*, Tanah Gambut, *Portland Cement*

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki luas daratan sekitar 188,2 juta hektar yang terdiri dari tanah kering dan tanah rawa. Tanah rawa hanya seluas 20,6 juta ha saja (10,8% dari luas daratan Indonesia) merupakan tanah gambut. Terdapat tiga pulau besar yang sebagian tanahnya adalah tanah gambut, antara lain : Sumatera (35%), Kalimantan (32%), Papua (30%), Sulawesi (3%), dan sisanya (3%) tersebar pada areal yang sempit (Wibowo, Suyatno, 1998; Wahyunto *et al.* 2005).

2. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan Penelitian ini adalah mengetahui karakteristik tanah gambut rawa pening sebelum dan sesudah distabilisasikan dengan menggunakan *portland cement* tipe I.

3. TANAH GAMBUT

Tanah gambut (*Peat Soil*) adalah tanah yang mempunyai kandungan organik cukup tinggi dan pada umumnya terbentuk dari campuran fragmen-fragmen material organik yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang telah berubah sifatnya menjadi fosil. Menurut Van de Meene (1982) tanah gambut terbentuk dari hasil proses penumpukan sisa tumbuhan rawa seperti berbagai macam jenis rumput, paku-pakuan, bakau, pandan, pinang, serta tumbuhan rawa lainnya. Gambut Indonesia merupakan jenis gambut tropis (Wijaya, Adhi, dkk, 1991). Tanah gambut yang terdapat di Indonesia memiliki variasi kedalaman yang berbeda-beda serta merupakan areal gambut terbesar ketiga di dunia. Luas area tanah gambut yang cukup besar merupakan suatu kendala dalam pengembangan infrastruktur suatu wilayah. Hal ini disebabkan tanah gambut merupakan tanah lunak (*very soft soil*) dengan kapasitas daya dukung yang sangat rendah dan mempunyai sifat mudah mampat jika terdapat beban yang bekerja di atasnya. Apabila kemampuan kapasitas daya dukung tanah lebih kecil dari beban konstruksi yang harus ditahannya maka akan terjadi kelongsoran (*bearing capacity failure*). Begitu juga dengan pemampatan yang tidak merata (*differential settlement*) akan menyebabkan terjadinya beberapa keretakan pada bagian struktur atau penurunan konstruksi yang ada. (Faisal Etsu, 2001)

MacFarlane dan Radforth (1965), membedakan tanah gambut menjadi 2 (dua) kelompok menurut serat yang terkandung yaitu : kandungan serat $\geq 20\%$ dinamakan Gambut Berserat (*Fibrous Peat*), sedang tanah gambut dengan kandungan serat $< 20\%$ dinamakan Gambut Tidak Berserat (*Amorphous Granular Peat*). Tanah gambut berserat dan gambut tidak berserat dapat dikelompokkan sebagai tanah sangat lunak dan pada umumnya mempunyai kemampuan mendukung beban (kapasitas dukung / *bearing capacity*) yang sangat rendah dan pemampatan (*settlement*) yang sangat besar.

Sifat fisik tanah gambut ditunjukkan pada Tabel 1. Suatu yang sangat khusus dari fisik tanah gambut adalah nilai kandungan organik yang tinggi, hal ini sesuai dengan proses pembentukan tanah gambut itu sendiri. Nilai angka pori

yang besar serta kandungan air yang tinggi menyebabkan harga koefisien rembesan tanah gambut menyerupai pasir, hal ini wajar mengingat angka pori yang besar menyebabkan air dalam pori-pori tanah gambut mudah keluar apabila terdapat beban di atasnya. Nilai berat volume tanah gambut yang kecil menunjukkan bahwa kepadatan tanah gambut tidak seperti tanah pada umumnya. Jika dihubungkan dengan nilai kadar air yang tinggi, berat air yang terkandung dalam tanah gambut mencapai 6 (enam) kali lebih berat dibandingkan berat butiran soil tanah gambut itu sendiri. Hal yang penting untuk diperhatikan adalah tanah gambut mempunyai nilai pH yang sangat rendah. Hal ini bersifat sangat korosif (Mochtar, N.E, 2002) terhadap material baja dan beton yang ada dalam lingkungan tersebut.

Tabel 1 : Sifat Fisik Tanah Gambut Indonesia

No	Sifat Fisik	Nilai
1	Kandungan Organik (Oc)	95-99%
2	Berat Volume (γ_t)	0,9 - 1,25 t/m ³
3	Kadar Air (w)	750% - 1500%
4	Angka Pori (e)	5 - 15
5	Ph	4 - 7
6	Kadar Abu (Ac)	1 - 5 %
7	Spesifik Gravity (Gs)	1,38 - 1,52
8	Rembesan (k)	2.0 ⁻⁰² s/d 1,2 ⁻⁰⁶ cm/dt

Sumber : Faisal, 2001.

Sifat fisik suatu material akan berpengaruh terhadap sifat teknik material itu sendiri. Demikian pula yang terjadi pada tanah gambut. Tabel 2 menunjukkan sifat mekanis tanah gambut, dimana sifat mekanis yang paling menonjol adalah kapasitas daya dukungnya yang rendah dan kemampu mampatan yang tinggi. Berbagai penyelidikan terhadap daya dukung tanah gambut menunjukkan bahwa daya dukungnya bahkan lebih rendah dari soft clay (Jelistic & Leppanen, 1992).

Tabel 2 : Sifat Mekanis Tanah Gambut

No.	Sifat Fisik	Nilai	Keterangan
1	Kohesi tanah/kuat geser	0 (Adam,1965)	<i>Non Cohesive</i> material
2	Compressibility	Sangat tinggi	Sensitive terhadap beban
3	Kapasitas daya dukung	5-7 kPa	Skandonavia
4	Sudut geser dalam	>50°	Terutama <i>fibrous peat</i>
5	Koefesin tekanan tanah at rest	Max .05	Lebih kecil dari lempung
6	Konsolidasi	Sangat lama	Terdiri 4 tahapan

Sumber: Jelistic & Leppanen, 1992.

Nilai sudut geser dalam tanah gambut berserat sangat besar yaitu > 50°; tetapi hal tersebut sangat dipengaruhi oleh serat yang ada. Landva (1982) berpendapat bahwa harga sudut geser-dalam untuk tanah gambut berserat sebenarnya berkisar antara 27° – 32°. Kemampuan tanah gambut yang tinggi untuk menyerap dan menyimpan air akan berpengaruh pada sifat teknik tanah gambut: semakin besar kadar air yang terkandung pada tanah gambut semakin kecil pula ketahanan dukung tanah gambut tersebut (Vautrain, 1976). Selain itu, tanah gambut sangat sensitif terhadap beban yang bekerja di atasnya. Hal ini menunjukkan bahwa tanah gambut mempunyai harga pemampatan yang tinggi (*High Compressibility*).

Tanah gambut menurut ASTM diklasifikasikan berdasarkan kadar serat, kadar abu dan kemampuan menyerap air (ASTM D 4427-92). Menurut Rakhman A (2002) mengklasifikasikan tanah gambut Rawa Pening sebagai berikut:

Tabel 3: Komparasi Hasil Klasifikasi tanah gambut Rawa Pening dengan Parameter ASTM

		Batasan	Hasil Uji
A	Kadar Abu		
1	<i>Low Ash</i>	< 5%	-
2	<i>Medium Ash</i>	5% - 15%	-
3	<i>High Ash</i>	> 15%	37,73%
B	Kadar Serat		
1	<i>Fabric</i>	> 67%	-
2	<i>Hemic</i>	33% - 67%	62,27%
3	<i>Saptic</i>	< 33%	-
C	Kemampuan menyerap air (<i>Absorbency</i>)		
1	<i>Extremely Absorbent</i>	>1500%	-
2	<i>Highly Absorbent</i>	800% - 1500%	-
3	<i>Moderately Absorbent</i>	> 300% dan < 800%	561,67%
4	<i>Slightly Absorbent</i>	≤ 300%	-

Sumber : Yunan , 1999

4. METODE PENCAMPURAN SEMEN DENGAN TANAH GAMBUT

Mengenai campuran untuk *portland cement* tipe I, J.E Bowles (1991) yang menyarankan penggunaan semen sebesar 3% sampai 16% dari berat kering tanah.

Adapun cara perhitungan berat *portland cement* yang harus ditambahkan adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat tanah gambut} &= 2500 \text{ gram} \\
 \text{Kadar air kering udara} &= 54,90\% \\
 \text{Berat kering tanah gambut} \\
 &= 2500 - \left(\frac{54,90}{100} \times 2500 \right) \\
 &= 1129,81 \text{ gram} \\
 \text{Berat } \textit{portland cement} \text{ (5\%)} \\
 &= 5\% \times 1129,81 \\
 &= 56,5 \text{ gram} \\
 \text{Berat } \textit{portland cement} \text{ (10\%)} \\
 &= 10\% \times 1129,81 \\
 &= 113 \text{ gram} \\
 \text{Berat } \textit{portland cement} \text{ (15\%)} \\
 &= 15\% \times 1129,81 \\
 &= 169,5 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

5. METODE PENGUJIAN

Metode pencampuran tanah gambut dengan *portland cement*, dilakukan pada waktu tanah gambut dalam keadaan kering udara (kadar air kering udara 54,90%), kemudian dicampur dan diaduk hingga merata. Campuran tanah gambut dengan *portland cement* yang sudah rata ditambah air sesuai dengan standar percobaan standar Proctor. Sebelum melakukan pemadatan standar proktor campuran harus didiamkan selama 24 jam dalam keadaan terbungkus plastik, hal ini dilakukan agar tanah gambut tersebut dapat menyerap air yang telah dicampurkan dengan maksimal.

Metode perawatan sample yaitu dengan ditutup dengan plastik. Sample terbungkus plastik diletakan pada tempat yang terhindar dari sinar matahari. Proses rawatan ini dilakukan selama 14 hari, dan 28 hari.

6. HASIL UJI LABORATORIUM

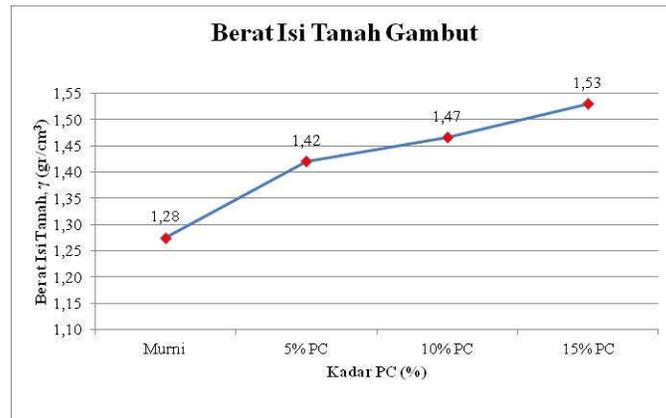
Hasil pengujian sifat fisik tanah Rawa pening dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4: Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Rawa Pening

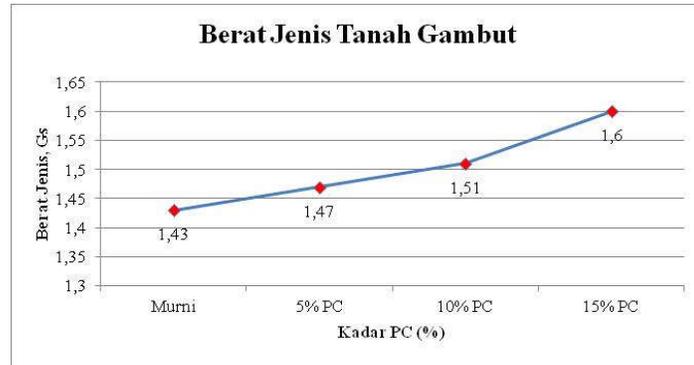
No.	Pengujian	Hasil Uji	Referensi Nilai
1	Kadar Air Alami (%)	773,1	750 - 1500
2	Porositas (%)	89,49	—
3	Derajat Kejenuhan (%)	125,72	—
4	Angka Pori	8,52	5 — 15
5	Berat Isi Tanah (gr/cm ³)	1,28	0,9 — 1,25
6	Berat Jenis (Gs)	1,43	1,38 — 1,52
7	Indeks Plastisitas (%)	NP	—
8	pH	7,63	4 — 7
9	Kadar Abu (%)	2,07	1 — 5
10	Kadar Organik (%)	97,93	95 — 99

Dari tabel 4 di atas dapat diketahui bahwa hasil kadar air alami tanah Rawa Pening yaitu sebesar 773,1 % sedangkan menurut parameter tanah gambut (Etsu Faisal, 2001) nilai kadar air alami rata-rata tanah gambut di Indonesia yaitu sebesar 750% - 1500%. Nilai berat jenis (Gs) tanah di Rawa Pening adalah 1,43 sedangkan dalam parameter tanah gambut (Faisal Etsu, 2001) nilai rata-rata berat jenis tanah gambut di Indonesia yaitu sebesar 1,38 – 1,52. Kadar organik pada tanah di Rawa Pening ini menunjukkan sebesar 97,93 %, dan parameter tanah gambut menunjukkan nilai rata-rata kadar organik pada tanah gambut yaitu sebesar 95 – 99%. Angka pori dari tanah yang berada di Rawa Pening ini yaitu sebesar 8,52 sedangkan pada parameter tanah gambut rata-rata nilai angka pori yaitu sebesar 0,9 – 1,25. Dari keempat indikasi ini dapat disimpulkan bahwa tanah yang berada pada lokasi Rawa Pening Kabupaten Semarang ini dikategorikan sebagai tanah gambut.

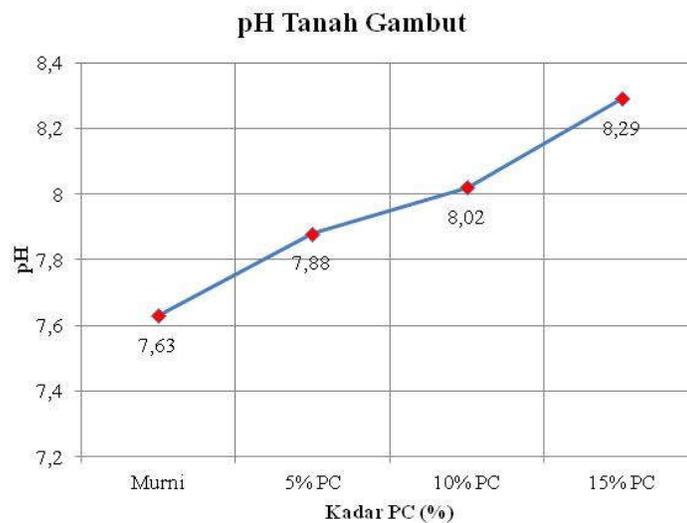
Hubungan Penambahan Portland Cement terhadap Sifat Fisis Tanah Gambut Rawa Pening



Gambar 1: Hubungan Kadar Air Tanah Gambut Rawa Pening terhadap Penambahan Kadar portland cement tipe I



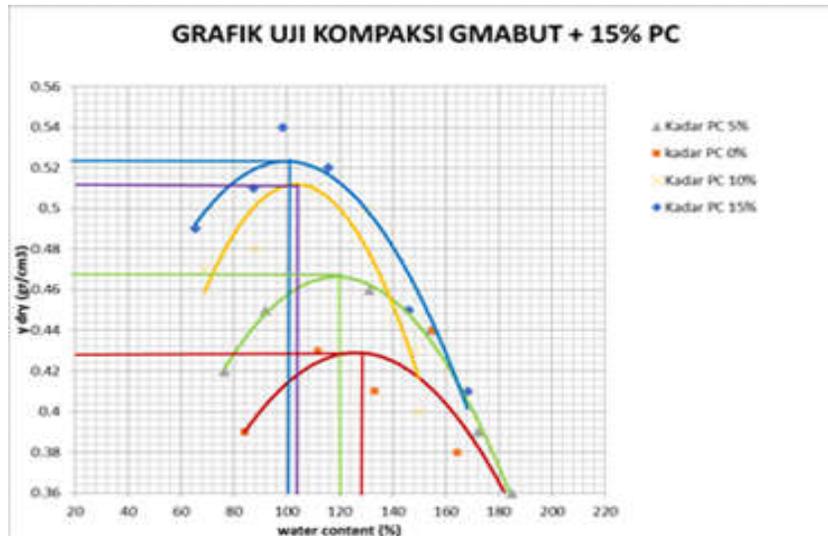
Gambar 2: Hubungan Nilai Berat Jenis Tanah Gambut terhadap Penambahan Kadar *Portland Cement* tipe I



Gambar 3: Hubungan Nilai Berat Jenis Tanah Gambut Rawa Pening terhadap Penambahan Kadar *Portland Cement* tipe I

Hubungan Penambahan Portland Cement terhadap Pematatan Proktor Standar

Setelah tanah gambut dilakukan stabilisasi dengan menggunakan *portland cement* tipe I kemudian tanah gambut dilakukan masa perawatan selama 24 jam, dan setelah itu dilakukan uji proktor standar. Pengaruh hasil uji kompaksi pada stabilisasi tanah gambut Rawa Pening dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4: Hasil grafik pengaruh stabilisasi tanah gambut Rawa Pening menggunakan *portland cement* tipe I terhadap uji proktor standar

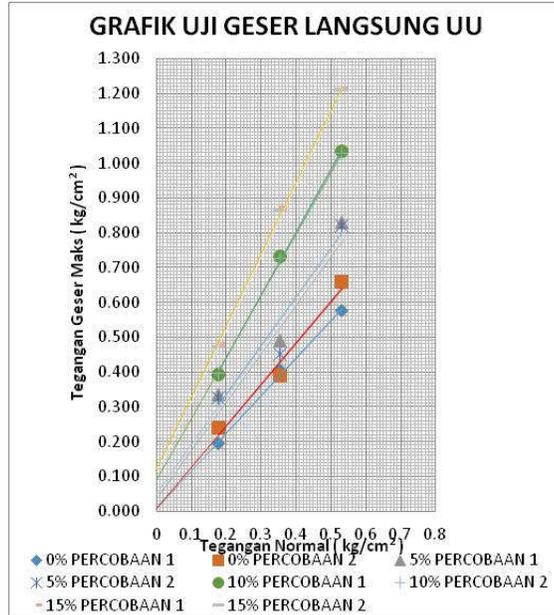
Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa terdapat pengaruh perubahan hasil grafik uji proktor standar tanah gambut Rawa Pening, ternyata dengan distabilisasi menggunakan *portland cement* tipe I sebanyak 5% dan 10% nilai kadar air optimum mengalami penurunan dan nilai berat isi kering maksimum (γ_{dry} maks) mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Tetapi apabila dilihat pada penambahan *portland cement* tipe I sebanyak 15% perubahan pada nilai kadar air optimum dan berat isi kering maksimum (γ_{dry} maks) tidak mengalami perubahan yang signifikan hal ini dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan *portland cement* tipe I sebanyak 15% tanah gambut Rawa Pening sudah hampir mengalami perubahan sifat mekanis yang maksimal.

Hasil Uji Geser Tanah Gambut Rawa Pening dan Hasil Uji Geser Hubungan Penambahan Portland Cement Tipe I

Nilai kohesi (c) dan sudut geser (θ) pada uji geser langsung tanah gambut Rawa Pening kondisi netral atau menggunakan campuran *portland cement* tipe I 0% dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini.

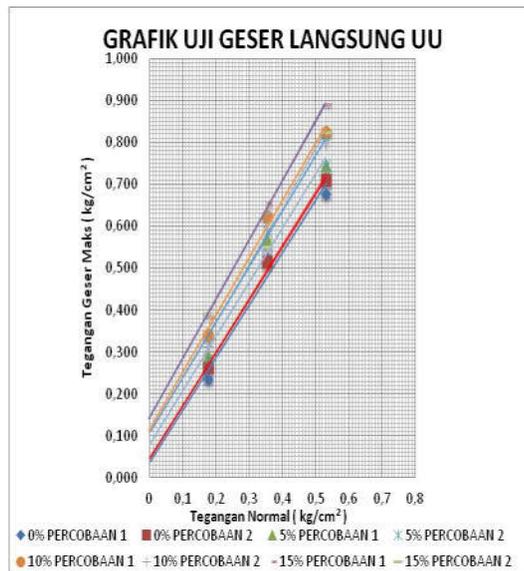
Tabel 5: Hasil Uji Geser Langsung UU Tanah Gambut Rawa Pening dalam kondisi netral atau menggunakan campuran *portland cement* tipe I 0%

Kadar Portland cement tipe I (%)	ID Sample	Kohesi (c) (kg/cm ²)	Kohesi (c) rata - rata (kg/cm ²)	Sudut geser (°)	Sudut geser rata - rata (°)
Netral	1	0.01	0.009	47.4	48.8
	2	0.008		50.2	



Gambar 5: Grafik perbandingan PC 0; 5; 10; 15% dengan masa perawatan 14 hari

Pada Gambar 6 menunjukkan hubungan hasil kohesi dan sudut geser tanah gambut pada masa perawatan 14 hari dengan penambahan PC 0; 5; 10; 15%. Pada gambar tersebut menunjukkan dimana nilai kohesi dan sudut pada masa perawatan 14 hari naik. Hal ini menjelaskan bahwa penambahan PC mempengaruhi nilai kohesi dari tanah gambut tersebut, tetapi dengan nilai sudut geser yang bertambah besar mengakibatkan keruntuhan tanah semakin besar.



Gambar 6: Grafik perbandingan PC 0; 5; 10; 15% dengan masa perawatan 28 hari

Pada Gambar 7 menunjukkan hubungan hasil kohesi dan sudut geser tanah gambut pada masa perawatan 28 hari dengan penambahan PC 0; 5; 10; 15%. Pada gambar tersebut menunjukkan dimana nilai kohesi dan sudut pada masa perawatan 28 hari naik. Hal ini menjelaskan bahwa penambahan PC mempengaruhi nilai kohesi dari tanah gambut tersebut, tetapi dengan nilai sudut geser yang bertambah besar mengakibatkan keruntuhan tanah semakin besar.

7. KESIMPULAN

1. Penelitian mekanis yang dilakukan menghasilkan bahwa tanah gambut Rawa Pening memiliki sifat mekanis meliputi: kadar air optimum (OMC) = 129%, kohesi (c) = 0,009 kg/cm², dan sudut geser (ϕ) = 48,8 °.
2. Penambahan bahan stabilisasi berupa portland cement tipe I sebanyak 5%, 10%, dan 15% terhadap kadar air alami tanah gambut Rawa Pening :
 - a. Cenderung menurunkan kadar air tanah gambut Rawa Pening rata-rata sebesar 515,25%.
 - b. Berat isi tanah basah (γ) gambut Rawa Pening cenderung meningkatkan nilai berat isi tanah basahnya (γ) rata-rata sebesar 19,33%.
 - c. Berat jenis tanah (G_s) gambut Rawa Pening cenderung meningkatkan nilai berat jenis tanahnya (G_s) rata-rata sebesar 9,6%.
 - d. Kadar pH tanah gambut Rawa Pening cenderung meningkatkan nilai pH tanah gambut Rawa Pening, dan membuat sifat tanah gambut menjadi basa.
 - e. Kadar air optimum (OMC) tanah gambut Rawa Pening cenderung menurunkan kadar air optimum tanahnya rata-rata sebesar 9,7%.
 - f. Berat isi kering maksimum (γ_{dry} maks) tanah gambut Rawa Pening cenderung meningkatkan berat isi kering maksimum tanahnya rata-rata sebesar 3,23%.
3. Karakteristik nilai kohesi (c) dan nilai sudut geser (ϕ) tanah gambut Rawa Pening yang telah distabilisasi dengan penambahan portland cement tipe I mempunyai kecenderungan naik pada setiap masa perawatan yang diberikan yaitu 14 hari dan 28 hari. Nilai kohesi (c) mencapai maksimum pada campuran 15% portland cement tipe I dengan masa perawatan 28 hari yaitu sebesar 0,145 kg/cm², akan tetapi nilai sudut geser (ϕ) mencapai maksimum pada saat campuran 15% portland cement tipe I yang telah mencapai masa perawatan 14 hari yaitu 63,6 o.
4. Kandungan organik pada suatu material tanah dapat merugikan suatu konstruksi apabila tanah tersebut dijadikan sebagai material timbunan. Karena suatu saat kandungan organik akan menjadi busuk dan dapat menurunkan kapasitas daya dukung tanah tersebut. Tanah gambut Rawa Pening memiliki kandungan organik yang tinggi yaitu sebesar 97,93% yang menjadikan bahwa tanah gambut Rawa Pening tidak bisa dijadikan material timbunan konstruksi. Hal ini dibuktikan juga pada nilai berat isi kering maksimum tanah gambut Rawa Pening dalam kondisi netral yaitu 0,426 gr/cm³ maupun tanah gambut Rawa Pening yang sudah distabilisasi dengan portland cement sebesar 0,523 gr/cm³ yang masih jauh dari standar berat isi kering maksimum tanah sebagai timbunan yaitu sebesar 1,468 gr/cm³.

8. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E., (1984), "Physic", edisi kedua, Erlangga, Jakarta and Geotechnical Properties Soil. Second Edition, Mc Graw-Hill Book Company, USA.
- Bowles, Joseph E., (1991), "Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah", edisi kedua, Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M., Mochtar, NE., dan Mochtar, I.B. (1988). "Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)", Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M., Mochtar, NE., dan Mochtar, I.B. (1988). "Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)", Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Mac Farlane, I.C. (1959), "A review Of The Engineering Characteristics of Peat", *Journal of Soil Mechanics and Foundation Devison*, SM-1, pp.21-35
- Martini (2005). "Pengaruh Tingkat Kepadatan Tanah Terhadap Daya Dukung Tanah". *Jurnal SMARTek*, Vol. 7, No. 2, Mei 2009: 69-81.
- Nugroho., S.A., (2012) "Stabilisasi Tanah Gambut Riau Menggunakan Campuran Tanah Non Organik dan Semen Sebagai Bahan Timbunan Jalan (Studi "Kasus Daerah Tembilahan dan Sungai Pakning) Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Rakhman, Y.A., (2002). "Stabilisasi Tanah Gambut Rawa Pening dengan Semen dan Gypsum Sintesis (CaSO₄.2H₂O)". Tugas Akhir Magister Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang
- Sukirman, S. (1995). "Perkerasan Lentur Jalan Raya", Nova, Bandung, 1995.
- Yunan, A.R. (1999). "Studi Ekperimentasi Pemampatan Gambut Kabupaten Pontianak Sel Rowe", Skripsi, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura, Pontianak.
- Yulianto, F.E., dan Harwadi, F "Menentukan Metode Perbaikan Untuk Tanah Gambut". *Jurnal Mekanika Tanah dan Pondasi*, SM-1, pp 21-36