

STABILISASI TANAH GAMBUT MENGGUNAKAN GEOPOLIMER *HYBRID*

Erwin¹⁾, Gunawan Wibisono²⁾, Monita Olivia²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya J. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email: erwin.e@student.unri.ac.id

Abstract

Peat soil has high moisture content and organic content. Peat soil is stabilized to improve soil properties and increase its strength. This study examines stabilization mixtures on peat soil with geopolymers hybrid. Geopolymers are alternative substitutes for cement, made from remnants of industrial waste which rich of silica and alumina, such as fly ash, husk ash, slag and palm ash. The geopolymer bond can be activated with an activator solution. Geopolymers were added by OPC to accelerate hardening and optimize strength on the ground. The purpose of this study is to compare the compressive strength of peat soil mixed with the soil geopolymer hybrid using an Unconfined Compressive Strength (UCS) Test. This study used a different variation of the treatment that are the age of 7 days and 28 days. Binder for the mixed set of 200 kg/m³ with geopolymer materials used by 50% of the binder and the OPC which was used by 50% and 100% of the binder. The results showed that the compressive strength with hybrid geopolymer mixture tends to increase from 7 days to 28 days and the compressive strength of geopolymer hybrid is higher than peat. Based on the results of this test it is concluded that peat soil using a mixture of hybrid geopolymer could increase the value of compressive strength.

Keywords: peat soil, OPC, fly ash, geopolymer hybrid, UCS

1. PENDAHULUAN

Luas lahan gambut di Riau adalah 4.043.602 hektar dan terdapat hampir di semua wilayah kabupaten. Paling dominan terdapat di wilayah kabupaten yang berada di pantai timur. Enam kabupaten yang memiliki lahan gambut paling luas berturut-turut adalah Kabupaten Indragiri Hilir (983 ribu hektar atau 24,3% dari lahan di provinsi), Bengkalis (856 ribu hektar atau 21,2%), Pelalawan (680 ribu hektar atau 16,8%), Siak (504 ribu hektar atau 12,5%), Rokan Hilir (454 ribu hektar atau 11,2%), dan Indragiri Hulu (222 ribu hektar atau 5,5%). Kabupaten lain seperti Kampar, Karimun, dan Pekanbaru hanya

mempunyai lahan gambut kurang dari 5% (Wahyunto, 2005).

Tanah gambut adalah tanah yang memiliki kadar organik di atas 75% (ASTM D 4427-92 2002). Tanah gambut juga memiliki angka pori dan kadar air yang sangat tinggi. Hal ini mengakibatkan daya dukung menjadi sangat rendah dan tingkat kemampumampatan (*compressibility*) tinggi.

Agar tanah gambut dapat memenuhi kriteria teknis konstruksi, perlu diusahakan perbaikan sifat-sifatnya. Salah satu usaha perbaikan adalah dengan memberi bahan stabilisasi. Metode stabilisasi berdasarkan buku panduan ALLU *Mass Stabilisation* tahun 2015, ALLU adalah perusahaan yang

berasal dari Finlandia yang mengembangkan, membuat dan menjual produk ramah lingkungan. Stabilisasi tanah menggunakan metode ini bertujuan memperbaiki daya dukung dari lapisan tanah lunak. Di lapangan, *mass stabilisation* ini berdampak kecil di lingkungan disebabkan tingkat getaran dan kebisingan yang rendah selama stabilisasi. Bahan campuran dalam stabilisasi berupa semen, *lime*, abu terbang, *slag*, dan lain-lain. Semen sebagai bahan aditif (*mass stabilization*) pada tanah gambut banyak digunakan dalam beberapa penelitian di Indonesia (Damoerin & Soepandji, 2011). Semen telah digunakan secara luas untuk meningkatkan sifat rekayasa tanah gambut. Wong *et al.* (2008), Huat *et al.* (2005), dan Debouchi *et al.* (2009) melakukan pengujian *Unconfined Compressive Strength* (UCS) untuk mendapatkan nilai kuat tekan tertinggi dari menstabilkan tanah dengan beberapa campuran dengan tanah asli.

Geopolimer pertama kali diperkenalkan oleh Davitdovits pada tahun 1970. Geopolimer dapat diartikan reaksi antara bahan alumina silikat dengan larutan alkaline untuk memperkuat ikatan kimia (Duxson *et al.*, 2006). Ada beberapa bahan material yang digunakan pada geopolimer yaitu metakaolin seperti abu terbang, bottom ash, slag, abu vulkanik, dan abu sekam (Bakri & Lemougna, 2011 dan Papa, 2014). Abu terbang merupakan abu sisa pembakaran dari batu bara pada suatu pabrik industri maupun pusat pembangkit listrik tenaga uap. Dari beberapa penelitian abu terbang mulai banyak digunakan sebagai stabilisasi tanah, bahan tambah atau filler pada beton, pembuatan beton ringan, dan *grouting* (Wardani, 2008).

Selama *curing*, geopolimer abu terbang tidak dapat mengeras dengan cepat tanpa suhu tinggi, maka perlu ada tambahan yaitu dengan OPC (Askarian *et al.*, 2018). OPC atau *Ordinary Portland Cement* adalah semen tipe I yang bertujuan untuk mempercepat pengerasan pada sampel. Geopolimer abu terbang yang ditambahkan dengan OPC atau disebut *hybrid* dapat meningkatkan reaksi *pozzolanic*. Pada penelitian ini dilakukan pencampuran geopolimer dalam tanah gambut untuk menstabilkan tanah dan pengujian UCS pada umur 7 dan 28 hari diuji.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Stabilisasi Tanah Gambut

Tanah gambut atau *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 Manne (1982) menyatakan tanah gambut terbentuk sebagai hasil proses penumpukan sisa tumbuhan rawa lainnya.

Tanah gambut memiliki daya dukung yang rendah yang perlu distabilkan agar memenuhi kriteria sifat-sifat tanah yang baik. Menurut Bowles (1991) menyatakan beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilkan tanah adalah meningkatkan kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan tahanan gesek yang timbul, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah, mengganti tanah yang buruk.

2.2 Bahan Stabilisasi Tanah Gambut

Bahan stabilisasi menggunakan bahan kimia berupa abu terbang, OPC dan larutan alkali.

2.2.1 Abu Terbang

Abu terbang adalah abu hasil sisa pembakaran batu bara yang berupa butiran halus ringan, dan bersifat pozzolanik. Abu terbang adalah abu yang dihasilkan dari transformasi, pelelehan atau gasifikasi dari material anorganik yang terkandung dalam batu bara (Molina dan Poole, 2004). Berdasarkan ASTM C 618-05, abu terbang diuji kandungan senyawa kimia untuk menentukan tipe.

2.2.2 Ordinary Portland Cement (OPC)

Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen *portland* terutama yang berupa *kalsium silikat* yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk Kristal senyawa kalsium *sulfat* dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain (SNI 15-2049-2004). Senyawa Portland Tipe I digunakan untuk keperluan konstruksi umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus yaitu tidak memerlukan ketahanan sulfat, tidak memerlukan persyaratan panas hidrasi, dan tidak memerlukan kekuatan awal yang tinggi.

2.2.3 Larutan Alkali

Secara umum, larutan alkali yang digunakan dalam geopolimer adalah kombinasi antara natrium hidroksida (NaOH) dan sodium silikat (Na_2SiO_3). Beberapa penelitian geopolimer, menunjukkan bahwa penggunaan campuran NaOH dan sodium silikat sebagai larutan alkali aktivator menghasilkan kekuatan yang terbaik dalam membentuk

ikatan geopolimer (Provis & Deventer, 2014). Berikut penjelasan larutan alkali:

1. Natrium Hidroksida (NaOH)

NaOH merupakan aktivator yang paling sering digunakan pada sintesis geopolimer, selain harganya yang murah, NaOH juga tersedia banyak dan memiliki kekentalan yang rendah (Provis, 2009). NaOH berpengaruh pada kuat tekan terutama dengan peningkatan kekuatan pada tanah (Gunarso, 2017). Konsentrasi NaOH berpengaruh pada peningkatan molaritas NaOH (Kamarudin et al, 2011 dan Cattaneschu, 2012).

2. Natrium Silikat (Na_2SiO_3)

Sodium silikat adalah penamaan umum dari senyawa dengan formula Na_2SiO_3 . Sodium silikat merupakan sejumlah rasio yang memungkinkan untuk dapat digunakan pada berbagai jenis aplikasi dalam industri. Secara komersial larutan sodium silikat memiliki rasio dari 1,60 sampai 2,85 (Shi *et al*, 2005). Dari beberapa penelitian sodium silikat dan natrium hidroksida sebagai larutan alkali menghasilkan kekuatan yang optimum dalam membentuk ikatan geopolimer (Provis dan Deventer, 2014).

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

3.1.1 Tanah Gambut

Tanah yang digunakan adalah tanah gambut yang berasal dari Kabupaten Kampar, dan merupakan contoh tanah terganggu (*disturbed sample*). Tanah dikeringkan/dipanaskan di bawah terik matahari sampai mencapai kering udara, setelah itu disaring menggunakan saringan

No. 4 (4,75 mm) dan diambil tanah yang lolos.

3.1.2 Abu Terbang

Abu terbang yang digunakan berasal dari PT PLTU Ombilin, Padang. Sebelum menggunakannya, abu terbang terlebih dahulu dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C sampai mencapai berat tetap, kemudian didinginkan dan diayak dengan saringan No. 200 dalam kondisi kering. Variasi komposisi abu terbang yang digunakan adalah 50% dari berat keseluruhan bahan pengikat. Kandungan senyawa kimia abu terbang berdasarkan ASTM C 618-05 dan diuji oleh PT. Sucofindo, Pekanbaru.

3.1.3 Ordinary Portland Cement (OPC)

OPC (tipe I) yang dipakai berasal dari PT Semen Padang. Seperti abu terbang, komposisi semen yang dipakai bervariasi sebesar 50% dan 100% dari berat keseluruhan bahan pengikat yang digunakan. Pada penelitian ini, tidak dilakukan pengujian khusus untuk mengetahui karakteristik kimia maupun fisik bahan semen. Karakteristik diambil dari data spesifikasi yang diberikan pabrik, yang mengacu pada ASTM C 150-94.

3.1.4 Larutan Alkali

Larutan alkali aktivator yang digunakan terdiri dari larutan *Sodium hidroksida* (NaOH) dan larutan *Sodium silika* (Na₂SiO₃). Konsentrasi NaOH yang digunakan adalah 10 M. Na₂SiO₃ yang digunakan setengah dari NaOH berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Hamzah et al. (1978).

3.2 Pengujian Fisik Tanah Gambut

Pengujian fisik ini bertujuan menentukan karakteristik fisik suatu tanah. Sebagaimana pada Tabel 1.

Tabel 1 Pengujian Fisik Tanah Gambut

No.	Pengujian	Standar Pengujian
1.	Kadar air	ASTM D 2216
2.	Berat volume	ASTM D 2167
3.	Berat jenis	ASTM D 854
4.	Kadar serat	ASTM D 1997
5.	Kadar abu	ASTM D 2974
6.	Kadar organik	ASTM D 2974

3.3 Perencanaan Komposisi Campuran

Perencanaan campuran dilakukan untuk menyiapkan sampel untuk menguji *Unconfined Compressive Strength* (UCS) dengan umur pemeraman 7 hari dan 28 hari. Perencanaan ini dibuat dari cetakan silinder pipa PVC dengan diameter 5 cm dan tinggi 15 cm. Adapun variasi yang digunakan dalam perencanaan ini sebagaimana pada Tabel 2.

Tabel 2 Variabel Komposisi Campuran

Nama Sampel	Pengikat (kg/m ³)	Pengikat	
		OPC (%)	Geopolimer (%)
Gambut	0	0	0
B200 (50OPC_50GP)	200	50	50
B200 (100OPC)	200	100	0

Berdasarkan Tabel 2, variabel-variabel yang digunakan OPC dan geopolimer. Bahan pengikat yaitu bahan dalam satuan berat volume, bahan pengikat

ini berupa geopolimer dan OPC. Komposisi natrium hidroksida ditetapkan yaitu 8% dari berat volume. tanah gambut dan natrium silikat setengah dari natrium hidroksida.

3.4 Persiapan Sampel

Pencampuran pada persiapan sampel ini dilakukan seperti pada penelitian sebelumnya. Metode pemadatan sampel ini berdasarkan panduan ALLU (2015) yang dikembangkan di Finlandia, metode *mass stabilization* dimaksudkan untuk menyerupai kondisi lapangan. Persiapan sampel menggunakan cetakan silinder tabung dan beban pemberat seperti diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Persiapan Sampel

Prosedur pembuatan sampel dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Persiapan tabung silinder; bagian bawah pipa silinder diberi alas kain yang dijepit pada tabung agar air tetap dapat meresap demi menjaga kadar air selama pemeraman.
2. Pencampuran tanah gambut dan bahan pengikat; tanah gambut disiapkan dalam kondisi kering dengan takaran tertentu sesuai variasi campuran. Variasi campuran yang digunakan terdiri dari OPC dan geopolimer dan menghasilkan pasta yang kemudian dicampurkan ke tanah gambut.

3. Campuran gambut dan bahan pengikat yang teraduk dengan merata dimasukkan dalam sampel sampai ketinggian tertentu (sesuai kerapatan yang diinginkan). Selama memasukkan sampel, dilakukan sejumlah tusukan menggunakan spatula, 5 di tengah dan 10 di sisi dinding silinder untuk meratakan dan mengurangi rongga udara. Setelah itu bagian atas sampel dalam silinder diberi beban tetap. Beban tetap silinder dengan ukuran diameter 5cm dan tinggi 15 cm, menghasilkan tekanan sebesar 9 kPa. Jika tanah gambut memiliki berat isi 7,8 kN/m³, hal ini mensimulasikan sampel berada pada kedalaman sekitar 1,2 m.
4. Sampel yang distabilkan kemudian ditempatkan dalam rak sampel. Bagian bawah wadah kemudian diisi dengan air yang dijaga ketinggian selama waktu pemeraman.
5. Setelah mencapai waktu pemeraman yang diinginkan, sampel tersebut dikeluarkan, dipotong sesuai ukuran, ditimbang, dan dilakukan pengujian UCS.
6. Kadar air sampel diperiksa setelah selesai uji UCS, pada bagian atas, tengah dan bawah sampel.

3.5 *Unconfined Compressive Strength (UCS)*

Alat UCS digunakan untuk mengetahui kuat tekan tanah, baik tanpa atau setelah ditambah bahan stabilisasi. Hasil yang didapat adalah kuat tekan (q_u). Pengujian UCS berdasarkan ASTM D 2166 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Pengujian UCS

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Tanah Gambut

Hasil pemeriksaan karakteristik tanah gambut terdiri dari fisik dan kimia. Berikut hasil pemeriksaan tanah gambut:

4.1.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Fisik Tanah Gambut

Hasil pemeriksaan karakteristik fisik pada gambut dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Karakteristik Fisik Gambut

Pengujian	Nilai
Kadar air tanah asli (w), %	308,8
Berat volume tanah (γ), kN/m^3	7,78
Berat volume kering (γ_{max}), kN/m^3	1,94
Berat jenis (<i>Specific gravity</i>)	1,21
Kadar Serat, %	4,54
Kadar Organik, %	95,4
Kadar Abu, %	4,6

Berdasarkan Tabel 3 bahwa tanah gambut memiliki kadar air yang tinggi yaitu 308,8%. Berat volume tanah gambut sebesar $7,78 \text{ kN/m}^3$. Sedangkan berat

volume kering sebesar $1,94 \text{ kN/m}^3$. Nilai berat jenis dari tanah gambut sebesar 1,21. Secara kimia, tanah gambut tersebut memiliki kadar serat sebesar 4,54% (*Sapric* <33%) dan kadar organik gambut yang tinggi sebesar 95,4% serta kadar abu 4,6% (*Low Ash* <5%).

4.1.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Kimia Tanah Gambut

Hasil pemeriksaan karakteristik kimia pada gambut dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Karakteristik Kimia Gambut

Parameter	Hasil
pH (H_2O)	3,50
pH (KCl)	2,97
C-Organik (%)	44,41
N-Total (%)	0,64
P_2O_5 (mg/100g)	40,44
K_2O (mg/100g)	58,06
Ca (me/100g)	0,298
K (me/100g)	0,018
Mg (me/100g)	0,095
Na (me/100g)	0,058
KTK (me/100g)	65,10
Cu (Ppm)	5,13
Fe (Ppm)	2340
Mn (Ppm)	7,30
Zn (Ppm)	10,88
H (me/100g)	6,00
Al (me/100g)	0,80

Tabel 4 menunjukkan pH gambut yang asam terkandung H_2O sebesar 3,50 dan KCl sebesar 2,97. Kadar C-Organik pada gambut sebesar 44,41%, hal ini menunjukkan terjadinya mineralisasi (oksidasi) bahan organik yang cukup lama akibat pengelolaan tanah di lapisan tersebut, sehingga fraksi inorganik meningkat (Johan, 2003). N-Total didapat

hasil yang rendah, yaitu 0,64%. Rendahnya nilai N-Total menunjukkan turunya korelasi tingkat dekomposisi pada tanah gambut (Andriese, 1988). Menurut Johan (2003) menyatakan Nilai Fe yang besar pada tanah gambut banyak mengandung unsur mikro. Hal ini ditunjukkan oleh Stevenson (1982) mengemukakan bahwa masing-masing kation memiliki konstanta kestabilan yang berbeda-beda.

4.2 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Abu Terbang

Hasil pemeriksaan abu terbang terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5 Karakteristik Abu Terbang

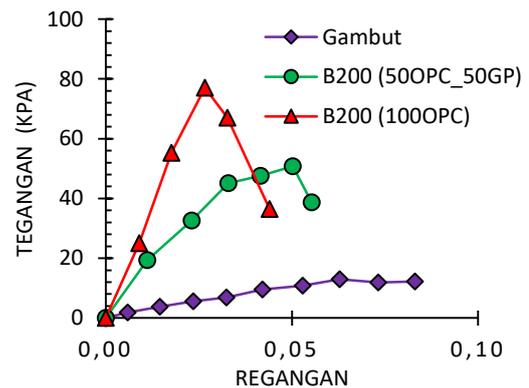
Parameter	Hasil (%)
Moisture Content	0,25
Loss On Ignition (Lol)	18,89
Silicone Dioxide (SiO ₃)	59,25
Aluminium Trioxide (Al ₂ O ₃)	29,25
Iron Trioxide (Fe ₂ O ₃)	5,45
Titanium Dioxide (TiO ₂)	0,83
Calcium Oxide (CaO)	1,54
Magnesium Oxide (MgO)	0,31
Potassium Oxide (K ₂ O)	2,23
Sodium Oxide (Na ₂ O)	0,68
Phosphorus Pentoxide (P ₂ O ₅)	0,04
Sulphur Trioxide (SO ₃)	0,29
Manganese Dioxide (MnO ₂)	0,01

Tabel 5 menunjukkan bahwa abu terbang terkandung kadar SiO₂ (silika) + Al₂O₃ (alumina) + Fe₂O lebih dari 70%. Sedangkan, kadar SO₃ yaitu kurang dari 5%. Hal ini menyatakan bahwa abu terbang yang berasal dari PT PLTU Ombilin Padang adalah kelas F berdasarkan ASTM C 618-05. Abu terbang tipe F tidak kuat dalam mengikat campuran, hal ini dikarenakan kalsium oksida kecil dari 10%.

4.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan

4.3.1 Hasil Umur Pemeraman 7 Hari

Pengujian kuat tekan tanah untuk membandingkan campuran dari geopolimer *hybrid* dengan pengikat 200 Kg/m³ dan tanah gambut murni dengan perawatan 7 hari dapat dilihat pada Gambar 3.



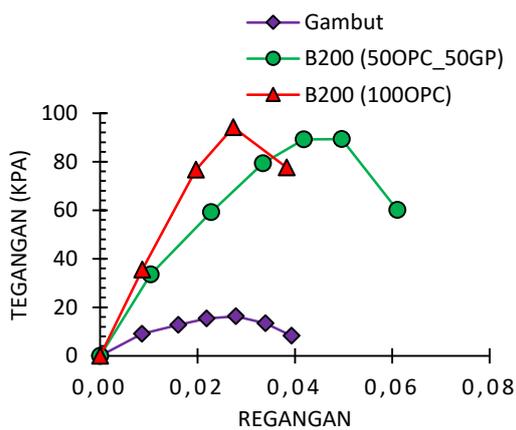
Gambar 3 Hasil Rata-rata Kuat Tekan Umur Pemeraman 7 Hari

Berdasarkan Gambar 3, bahwa stabilisasi tanah gambut menggunakan geopolimer *hybrid* dan OPC dengan bahan pengikat 200 kg/m³ berumur 7 hari dapat meningkatkan nilai kuat tekan dari tanah gambut. Bahan campuran stabilisasi gambut dengan variasi B200 (100OPC) mendapatkan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 81,1 kPa. Nilai kuat tekan dari bahan campuran geopolimer *hybrid* rendah dari 100% OPC, hal ini dikarenakan reaksi pozzolan yang terkandung didalam abu terbang dengan Ca(OH)₂ dalam proses pembentukan kalsium silikat hidrat (C-S-H) berlangsung lama. Tingginya nilai kuat tekan 100% OPC dibandingkan oleh campuran geopolimer *hybrid* disebabkan oleh jenis butiran dan kandungan karbon pada abu terbang. Semakin halus butiran dan semakin rendah kandungan karbon pada abu terbang maka semakin besar

reaksi pozzolan dan dapat meningkatkan kekuatan (Wesche, 1991). Kenaikan nilai kuat tekan tertinggi, yaitu OPC dengan gambut sebesar 487,7%, hal ini diungkapkan oleh Adhi dan Suhardjo (1976) bahwa ciri-ciri tanah gambut mudah dihancurkan disebabkan bahan organik yang terdekomposisi sebagian bersifat koloidal dan mempunyai kohesi rendah, tanah gambut memiliki daya tahan yang rendah sehingga struktur atas cenderung mudah menurun.

4.3.2 Hasil Umur Pemeraman 28 Hari

Pengujian kuat tekan tanah untuk membandingkan campuran dari geopolimer *hybrid* dengan pengikat 200 Kg/m^3 dan tanah gambut murni dengan perawatan 28 hari dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil Rata-rata Kuat Tekan Umur Pemeraman 28 Hari

Gambar 4 menunjukkan stabilisasi tanah gambut menggunakan geopolimer *hybrid* dan OPC dengan bahan pengikat 200 kg/m^3 berumur 28 hari. Nilai kuat tekan yang tertinggi adalah dengan B200 (100OPC) sebesar 94,2 kPa. Kenaikan dari nilai kuat tekan geopolimer *hybrid* dan OPC cenderung meningkat. Penelitian Kazemian *et al.* (2011) menunjukkan kekuatan tekan dari tanah stabil secara

bertahap meningkat seiring waktu terutama karena reaksi pozzolan. Peningkatan nilai kuat tekan dengan bahan campuran geopolimer *hybrid* lebih tinggi dari OPC. Peningkatan nilai kuat tekan geopolimer *hybrid* sebesar 64,3% dan nilai kuat tekan OPC sebesar 16,2%. Kenaikan juga terjadi pada gambut sebesar 18%, hal ini pengaruh dari pengurangan kadar air dari sampel.

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini yaitu:

1. Tanah gambut mudah runtuh menghasilkan nilai kuat tekan yang rendah. Nilai kuat tekan pada gambut dengan perawatan 28 hari lebih tinggi dari pada perawatan 7 hari, peningkatan nilai kuat tekan gambut 7 hari ke 28 hari sebesar 18%.
2. Nilai kuat tekan dari campuran geopolimer *hybrid* lebih tinggi dari pada gambut dikarenakan reaksi pozzolan yang tinggi.
3. Stabilisasi geopolimer *hybrid* cenderung mengalami peningkatan dari nilai kuat tekan umur 7 hari ke 28 hari sebesar 64,3%. Hal ini disebabkan pengaruh bahan geopolimer yang memiliki silika yang tinggi dapat menahan sifat organik yang tinggi dari gambut dan OPC dapat mempercepat pengerasan dari silika yang tinggi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat disarankan sebagai berikut.

1. Meninjau lebih lanjut dalam persiapan sampel menggunakan metode *mass stabilisation*

2. Meninjau lebih lanjut mengenai Geopolimer *Hybrid* sehingga diketahui reaksi kimia yang terjadi.
3. Mengkaji penelitian selanjutnya dengan menggunakan variasi kadar semen, kadar abu terbang, NaOH, dan Na₂SiO₃ dalam meningkatkan kekuatan tanah dengan komposisi campuran yang lebih optimal
4. Meneliti lebih lanjut untuk pengaruh dari perawatan dan pembebanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Askarian, M., Tao, Z., Adam, G., & Samali, B. (2008). *Mechanic Properties of Ambient Cured One-part Hybrid OPC-geopolimer Concrete*. *Construction and Building Materials*. 186 : 330-337
- ASTM C 618 – 05. (2000). *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete 1* (Vol. 04).
- ASTM D 1997-91. (1996). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of the Fiber Content of Peat Samples by Dry Mas*. *Annual Book of ASTM Standards*
- ASTM D 2167-94. (1994). *Standard Test Methods for Density and Unit Weight of Soil in Place by the Rubber Ballon Method*. *Annual Book of ASTM Standards*
- ASTM D 2216-10. (1999). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*. *Annual Book of ASTM Standards*
- ASTM D 2947-87. (1993). *Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils*. *Annual Book of ASTM Standards*
- ASTM D 854-14. (2002). *Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*. *Annual Book of ASTM Standards*
- Davidovits, Joseph. (1994). *Properties of Geopolimer Cements. Proceedings First International Conference on Alkaline Cements and Concretes*. pp.131-149.
- Deboucha S., Hashim R., & Alwi A. (2008). *Engineering Properties of Stabilized Tropical Peat Soils*. University of Malaya, Malaysia and Universitas Tanjungpura, Indonesia.
- Gunarso, Andreas et. al. (2017). *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif Dengan Campuran Larutan NaOH 7,5%*. Universitas Diponegoro, Indonesia
- Hamzah et al.. (1978). *Study on Solid to Liquid Ratios on Geopolymerization Method for Soil Stabilization Technique-annotated*. Center of Excellence Geopolymer and Sing Wong Leong et al. 2009. *A Review on Experimental Investigations of Peat Stabilization*. Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia
- Huat, B.B.K., Kazemian, S., Kuang, W.L. (2011). *Effect of Cement Sodium Silicate Grout and Kaolinite On Undrained Shear Strength Of Reinforced Peat*. *EJGE* : 16 : 1221-1228
- Kazemian, S. (2015). *Effect of Different Binder on Settlement of Fibrous Peat*. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 52 : 9-14
- Kalantari B., Huat B.B. K. (2008). *Peat Soil Stabilization, using Ordinary*

- Portland Cement, Polypropylene Fibers, and Air Curing Technique.*,
University of Putra Malaysia.
- Muhardi, Syawal S. Karakteristik Kimia, Fisik dan Mekanik Abu Batu Bara (Abu Terbang dan Abu Dasar). Universitas Riau
- Sing, W.L., Hashim, R., Ali, F.H. (2009). *A Review on Experimental Investigations of Peat Stabilization. Australia Journal of Basic and Applied Sciences.* 3 : 3537
- Toni, Afriwan. (2017). Stabilisasi Tanah Gambut Dengan Kapur Dan Abu Terbang untuk Mengurangi Kebakaran Lahan, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Wahyunto. (2005). Pemanfaatan Lahan Gambut Secara Bijaksana untuk Manfaat Berkelanjutan. *Prosiding Lokakarya.* Indonesia Progame. Bogor
- Zhang, M., Guo, H., El-Korchi, T., Zhang, G., Tao, M. (2013). *Experimental Feasibility Study of Geopolymer as The Next Generation Soil Stabilizer Construction and Building Materials.* 47 : 1468-14.