

Analisis Eksperimental Nilai Kuat Tekan Bebas Tanah Gambut Akibat Substitusi Geopolimer

Ghina Amalia* & Utari Sriwijaya Minaka

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indo Global Mandiri, Jl. Jend. Sudirman KM.4 No.62 Kota Palembang, Sumatera Selatan, Indonesia

Email: ghina@uigm.ac.id

Dikirim: 23 April 2024

Direvisi: 15 Juli 2024

Diterima: 30 Juli 2024

ABSTRAK

Peningkatan pembangunan infrastruktur di Indonesia berdampak pada peningkatan penggunaan lahan. Hanya saja tidak semua lahan memiliki karakteristik geoteknik yang memenuhi persyaratan untuk dibangun suatu infrastruktur di atasnya. Lahan yang tidak memenuhi persyaratan tersebut disebut tanah bermasalah. Salah satu jenis tanah bermasalah yang paling sering ditemui di Indonesia khususnya pulau Sumatera adalah tanah gambut. Tanah gambut memiliki kandungan air yang tinggi dan berbanding lurus dengan nilai indeks permeabilitasnya. Tanah dengan indeks permeabilitas yang tinggi akan mudah mengalami penurunan yang sangat signifikan sehingga nilai daya dukung tanah ini sangat rendah. Agar tanah gambut tetap dapat digunakan, maka perlu dilakukan stabilisasi salah satu metodenya dengan menggunakan zat kimia. Pada penelitian ini digunakan campuran geopolimer sebagai bahan stabilisasi tanah gambut. Variasi campuran geopolimer yang digunakan adalah 0%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Pengujian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan menggunakan pengujian UCT (Unconfined Compression Test). Pengujian ini mendapatkan nilai q_u (kuat tekan bebas) dan nilai kohesi tanah gambut yang telah distabilisasi. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan bahwa peningkatan persentase jumlah campuran geopolimer pada tanah gambut akan berbanding lurus dengan meningkatnya nilai q_u tanah gambut. Nilai q_u tertinggi didapatkan sebesar 0,910 kg/cm².

Kata kunci: tanah gambut, kohesi, stabilisasi, kuat tekan bebas

1. PENDAHULUAN

Tren pembangunan infrastruktur di Indonesia mengalami kenaikan. Peningkatan pembangunan infrastruktur dapat dilihat dari kenaikan realisasi dari nilai APBN yang dialokasikan setiap tahunnya. Berdasarkan buku Informasi Statistik Infrastruktur PUPR tahun 2022, pada kurun waktu lima tahun terakhir terhitung dari tahun 2017 hingga 2021 nilai APBN terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2021 nilai APBN yang dialokasikan sebesar Rp161,1 triliun dengan realisasi sebesar Rp152,7 triliun. Anggaran ini dialokasikan pada seluruh lini pembangunan di antaranya infrastruktur konektivitas seperti jalan dan jembatan, pengembangan perumahan dan permukiman, program pengelolaan sumber daya air serta jenis kegiatan infrastruktur lainnya.

Hal penting yang harus diperhatikan dalam pembangunan infrastruktur adalah karakteristik tanah pada lahan yang akan dibangun. Hal ini disebabkan karena tidak semua tanah layak dibangun infrastruktur di atasnya. Pada beberapa kondisi, tanah memiliki nilai kuat geser rendah, permeabilitas tinggi yang menjadikan tanah tersebut memiliki daya dukung yang rendah. Tanah ini disebut tanah bermasalah (Kim Huat, 2010). Salah satu jenis tanah bermasalah yang sering dijumpai di Indonesia adalah tanah Gambut. Indonesia memiliki lahan gambut seluas 14.905.574 Ha, yang tersebar di tiga pulau yaitu pulau Sumatera sebanyak 43%, Kalimantan sebanyak 32% dan Papua sebanyak 25% (Nurida and Wihardjaka, 2014).

Tanah gambut dikategorikan sebagai tanah bermasalah dikarenakan tanah gambut adalah tanah yang mudah mengalami penurunan yang sangat signifikan dalam jangka waktu yang sangat Panjang (Zebua, 2022). Hal ini disebabkan tingginya nilai kadar air yang dimiliki tanah gambut yang berbanding lurus terhadap nilai indeks kompresibilitasnya (Johari et al., 2016). Selain itu tingginya kadar air dan indeks permeabilitasnya akan memengaruhi rendahnya nilai daya dukung pada tanah gambut (Wahab et al., 2020). Berdasarkan karakteristik umum tanah gambut yang diuraikan tersebut maka pembangunan infrastruktur di atas tanah gambut sulit dilakukan. Namun peningkatan pembangunan infrastruktur yang berbanding lurus dengan penggunaan lahan yang digunakan khususnya pada infrastruktur konektivitas serta pengembangan perumahan dan permukiman mengharuskan tanah gambut tetap bisa dimanfaatkan sebagai lahan pembangunan (PUPR, 2022). Agar

karakteristik tanah gambut memenuhi standar pembangunan infrastruktur maka perlu dilakukan perbaikan tanah yang disebut stabilisasi (Amalia et al., 2022).

Ada banyak alternatif stabilisasi tanah gambut yang biasa dilakukan. Salah satunya adalah stabilisasi secara kimiawi dengan menggunakan geopolimer. Geopolimer merupakan suatu bahan sintesis berbahan dasar kandungan silika dan aluminium. Bahan silika dan aluminium selain diperoleh dari hasil alam langsung, juga bisa ditemukan di dalam *fly ash* yang merupakan bahan sampingan hasil industri (Olivia, 2015). Sudah banyak penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa geopolimer memiliki perilaku seperti semen yang mampu beraksi dengan air. Sehingga penambahan geopolimer pada tanah gambut dengan kadar air yang tinggi mampu mengurangi kadar air tanah gambut dan berpengaruh kepada peningkatan parameter kuat gesernya (Rahayu, 2019). Selain itu penggunaan geopolimer pada tanah gambut menghasilkan nilai CBR pada kondisi *soak* lebih besar daripada *unsoak* (Raharja et al., 2016). Namun pada pengujian kuat tekan bebas, persentase penambahan geopolimer tidak menunjukkan tren berbanding lurus terhadap nilai q_u yang dihasilkan. Pada variasi geopolimer 10%, 20% dan 30%, nilai q_u mengalami penurunan pada variasi 30% (Kusuma et al., 2017). Sehingga berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan pengujian kuat tekan bebas tanah gambut dengan variasi 0%, 10%, 15%, 20% dan 25% untuk membuktikan apakah nilai q_u akan menurun seiring dengan bertambahnya persentase geopolimer.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Survei Lapangan

Survei lapangan dilakukan untuk mengetahui lokasi pengambilan sampel tanah gambut serta material geopolimer yang digunakan. Sampel tanah gambut yang digunakan berasal dari Dusun 3 Banyuasin Sumatera Selatan. Sedangkan material geopolimer yaitu *fly ash* yang diambil dari PT. Bukit Asam, Tanjung Enim.

2.2. Pengambilan Sampel Tanah

Jenis sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel tanah gambut terganggu (*disturb*). Pengambilan sampel tanah dilakukan menggunakan cangkul. Tanah yang diambil adalah tanah pada kedalaman 0,5 m dari permukaan tanah. Hal ini dilakukan untuk menghindari ikut terambilnya daun-daun atau sisa akar tumbuhan yang berada di atas permukaan tanah. Kemudian tanah yang telah dicangkul dimasukkan ke dalam karung dan diangkut menggunakan truk menuju laboratorium mekanika tanah. Proses pengambilan sampel tanah dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Sampel tanah dimasukkan ke dalam Karung



Gambar 2. Pengangkutan sampel tanah

2.3. Pengujian Indeks Propertis

Pengujian indeks propertis dilakukan berdasarkan beberapa standar ASTM. Pengujian yang dilakukan di antaranya:

- Pengujian kadar air (w) (ASTM D-2974)
- Pengujian *specific gravity* (G_s) (ASTM D-854-02)
- Pengujian pH tanah
- Berat isi kering (ASTM – 689)
- Kadar abu (ASTM D4427-84)
- Kadar serat (ASTM D4427-84)
- Kadar organik (ASTM D2607-69)
- Angka pori (ASTM D2435-96)

2.4. Pengujian Komposisi Kimia Fly Ash

Sebelum digunakan, *fly ash* perlu diuji untuk mengetahui kadar-kadar unsur kimia yang terkandung di dalam *fly ash* tersebut. Hal ini dikarenakan kandungan mineral *fly ash* tidak selalu sama di setiap sumbernya. Data komposisi kimia *fly ash* merupakan data sekunder yang didapatkan dari Laboratorium PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) Bukit Asam Tanjung Enim.

2.5. Pengujian Pemadatan Tanah Standar

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai kadar air optimum. Kadar air optimum digunakan ketika proses pencampuran tanah dan geopolimer. Hal ini dikarenakan sampel benda uji yang digunakan adalah tanah terganggu yang telah dikeringkan kemudian *remoulded* sehingga dibutuhkan nilai kadar air optimum agar proses *remoulded*nya optimum.

2.6. Persiapan Benda Uji

1. Persiapan Tanah

Sebelum pembuatan benda uji, sampel tanah harus melalui beberapa proses terlebih dahulu. Tahapan persiapan yang harus dilakukan diantaranya:

- Penyortiran akar tanaman dan sampah-sampah yang mungkin ada di dalam tanah gambut.
- Tanah gambut yang telah dibersihkan kemudian dijemur sampai kering.
- Tanah gambut kering lalu ditumbuk dengan palu untuk memecahkan tanah yang masih berbentuk gumpalan
- Selanjutnya tanah disaring menggunakan saringan no.4

2. Persiapan Campuran Geopolimer

Berikut ini adalah tahapan yang dilalui untuk membuat campuran geopolimer

- Persiapkan larutan aktivator dalam hal ini digunakan NaOH (soda api) yang telah dilarutkan menggunakan air. Persentase NaOH dan air yang digunakan masing-masing sebesar 10% dari berat total campuran geopolimer yang digunakan.
- Larutan NaOH tersebut kemudian dicampur dengan Na_2SiO_3 (waterglass). Persentase Na_2SiO_3 sebesar 10% dari berat total campuran geopolimer
- Langkah terakhir adalah mencampur aktivator tersebut ke dalam *fly ash*. Persentase *fly ash* sebesar 70% dari total berat geopolimer. Komposisi campuran Geopolimer dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi geopolimer

Variasi Geopolimer	Tanah Gambut	Komposisi Geopolimer			
		70% Fly Ash	10% Soda Api	10% Waterglass	10% Air Mineral
10%	1,8 kg	0,14 kg	0,02 kg	0,02 kg	0,02 kg
15%	1,7 kg	0,21 kg	0,03 kg	0,03 kg	0,03 kg
20%	1,6 kg	0,28 kg	0,04 kg	0,04 kg	0,04 kg
25%	1,5 kg	0,35 kg	0,05 kg	0,05 kg	0,05 kg

Ket: Total berat geopolimer + tanah gambut adalah 2 kg

3. Pembuatan Benda Uji

Tanah gambut yang telah kering siap *remoulded* bersama campuran geopolimer dan air dengan kadar air optimum yang telah didapatkan dari pengujian pemadatan. Tabel 2 menunjukkan jumlah variasi benda uji yang digunakan. Campuran tersebut kemudian dipadatkan dengan menggunakan metode pemadatan standar. Setelah itu tanah yang telah dipadatkan kemudian dicetak menggunakan cetakan pengujian kuat tekan bebas dan dilakukan pemeraman selama 7 hari seperti yang terlihat pada Gambar 3 dan 4.

Tabel 2. Jumlah sampel dan kombinasi campuran

No	Jenis campuran	Komposisi	Jumlah sampel		Kode
			0 hari	7 hari	
1	Tanah gambut	100% tanah gambut + 0% geopolimer	2	0	G0
2	Campuran 1	90% tanah gambut + 10% geopolimer	2	2	G1
3	Campuran 2	85% tanah gambut + 15% geopolimer	2	2	G2
4	Campuran 3	80% tanah gambut + 20% geopolimer	2	2	G3
5	Campuran 4	75% tanah gambut + 25% geopolimer	2	2	G4
Total sampel			18 buah		

**Gambar 3.** Proses pencetakan benda uji**Gambar 4.** Proses pemeraman benda uji

4. Pengujian Kuat Tekan-Bebas

Setelah dilakukan pemeraman selama 7 hari, maka dilakukan pengujian *Unconfined Compression Test* untuk mengetahui nilai q_u pada tanah gambut yang telah distabilisasi. Pengujian ini mengacu pada standar ASTM D-2166

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Pengujian Indeks Propertis

Pengujian indeks properties tanah gambut yang telah dilakukan kemudian direkapitulasi ke dalam Tabel 3. Kadar air tanah gambut sebesar 266,253% menandakan tanah gambut memiliki daya serap yang sedikit (*slightly asorbent*) karena kurang dari 300% dari tingkat absorpsi air. Sedangkan untuk pengklasifikasian tanah gambut, apabila dilihat dari nilai kadar serat 70,450%, tanah gambut termasuk ke dalam jenis *fibrious peat* yang memiliki kandungan serat >20%.

3.2. Pengujian pH Tanah Gambut

Pengujian pH tanah gambut dilakukan secara langsung menggunakan kertas lakmus. Kertas lakmus menunjukkan nilai pH tanah gambut adalah 4 (Gambar 5).

Tabel 3. Indeks properties tanah gambut

No	Parameter	Lambang	Hasil	Satuan
1	Kadar Air	ω	266,253	%
2	Berat Jenis Butiran	Gs	1,785	
4	Berat Isi Kering	γ_d	4,754	kN/m ³
6	Kadar Abu	AC	26,610	%
7	Kadar Serat	FC	70,450	%
8	Kadar Organik	OC	77,400	%
9	Angka Pori	e	3,092	

**Gambar 5.** Pengujian pH tanah gambut

3.3. Pengujian Komposisi Kimia Fly Ash

Untuk kebutuhan stabilisasi tanah, dipilih *fly ash* bertekstur halus agar memudahkan proses pencampurannya sehingga digunakan *fly ash* kelas F. Tabel 4 menunjukkan hasil pengujian komposisi kimia *fly ash* yang didapatkan dari Laboratorium PLTU Bukit Asam, Tanjung Enim. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, total komponen kimia yang dibutuhkan di dalam *fly ash* kelas F agar memenuhi sayarat ASTM C-618 adalah $\geq 70\%$. Sehingga *fly ash* penelitian ini telah memenuhi syarat karena total komponen kimianya sebesar 89,326%.

Tabel 4. Hasil Pengujian Kandungan Fly Ash

Komponen Kimia	Jumlah
SiO ₂	53,49%
Al ₂ O ₃	29,35%
Fe ₂ O ₃	5,98%
SO ₃	0,506%
Total	89,326%

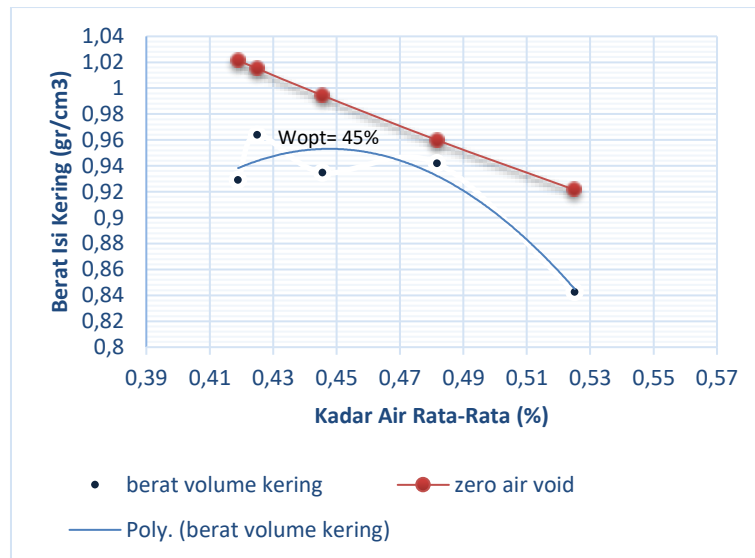
Sumber: Laboratorium PLTU Bukit Asam, Tanjung Enim

3.4. Pengujian Pemadatan Tanah Standar

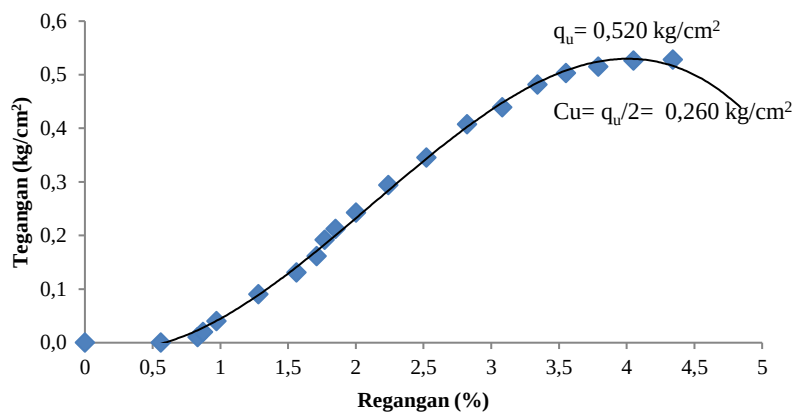
Pengujian pemadatan tanah standar bertujuan untuk mendapatkan kadar air optimum yang akan digunakan dalam proses *remoulded* sampel pengujian. Nilai kadar air optimum yang didapatkan dari puncak kurva yang terbentuk pada grafik hubungan antara kadar air rata-rata dan berat isi kering yang dipaparkan pada Gambar 6. Berdasarkan Gambar 6, didapatkan nilai kadar air optimum sebesar 45%.

3.5. Pengujian Kuat Tekan Bebas

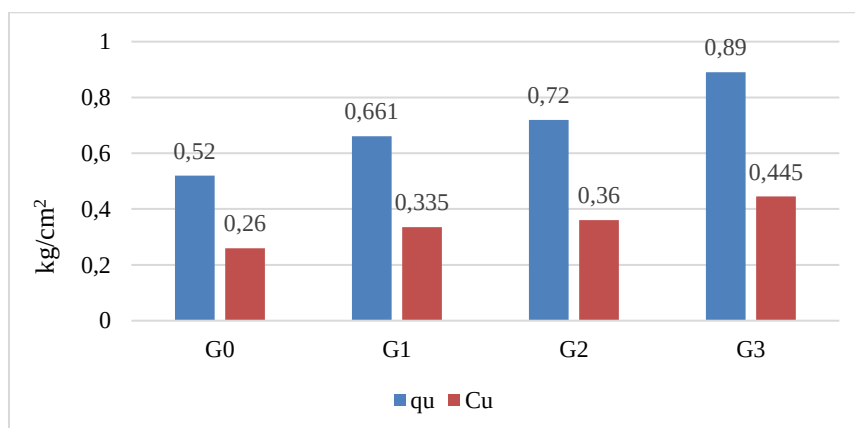
Pengujian kuat tekan bebas dilakukan setelah sampel menjalani proses pemeraman selama 7 hari. Pengujian kuat tekan bebas menghasilkan grafik hubungan antara tegangan dan regangan. Gambar 7 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan bebas untuk sampel tanah variasi G0. Nilai q_u atau nilai kuat tekan bebas tanah didapatkan dari titik puncak pada grafik. Berdasarkan grafik Gambar 7, nilai q_u sampel variasi G0 adalah sebesar 0,520 kg/cm² dan sedangkan nilai kohesi tanah (C_u) didapatkan dengan membagi dua nilai q_u . Nilai q_u dan C_u pada sampel variasi lain direkapitulasi pada Tabel 5 dan Gambar 7.



Gambar 6. Grafik kadar air optimum



Gambar 7. Grafik tegangan dan regangan untuk sampel tanah G0

Gambar 8. Grafik Kenaikan Nilai q_u dan C_u

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dijabarkan di atas diketahui bahwa peningkatan nilai q_u dan C_u berbanding lurus dengan penambahan persentase campuran geopolimer pada tanah gambut. Nilai tertinggi q_u didapatkan sebesar 0,910 kg/cm² pada variasi G3 dengan jumlah geopolimer yang digunakan sebanyak 25%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, G., Minaka, U.S., Adinda, R., 2022. Pengaruh Sudut Pemasangan Cerucuk Gelam terhadap Daya Dukung Pondasi Dangkal pada Tanah Gambut. *TEKNIKA: Jurnal Teknik* 9, 42–48. <https://doi.org/10.35449/teknika.v9i1.214>
- Johari, N.N., Bakar, I., Razali, S.N.M., Wahab, N., 2016. Fiber Effects on Compressibility of Peat, in: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. p. 012036. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/136/1/012036>
- Kim Huat, B., 2010. Problematic soil in search for solution. Universiti Putra Malaysia Press.
- Kusuma, R.I., Mina, E., Utomo, A.P., 2017. Stabilisasi Tanah menggunakan Fly Ash terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas Berdasarkan Variasi Kadar Air Optimum (Studi Kasus Jalan Raya Bojonegara, Kab. Serang). *jft* 6. <https://doi.org/10.36055/jft.v6i1.2012>
- Nurida, N.L., Wihardjaka, A., 2014. Panduan Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Olivia, M., 2015. Geopolimer Sebagai Material Infrastruktur Berkelanjutan di Lingkungan Gambut - Penelusuran Google. Presented at the Annual Civil Engineering Seminar.
- PUPR, 2022. Buku Informasi Statistik Infrastruktur PUPR Tahun 2022. Kementerian Pekerjaan umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta.
- Raharja, D.S., Hadiwardoyo, S.P., Rahayu, W., Zain, N., 2016. Effect of mixing geopolimer and peat on bearing capacity in Ogan Komering Ilir (OKI) by California bearing ratio (CBR) test, in: Prasetyo, H., Setiawan, W., Suryawan, F., Nugroho, M.T., Widayatno, T., Hidayati, N., Setiawan, E. (Eds.), *3rd International Conference on Engineering, Technology, and Industrial Application - Green Process, Material, and Energy: A Sustainable Solution for Climate Change, ICETIA 2016 - Surakarta, Indonesia*, AIP Conference Proceedings. American Institute of Physics Inc., Surakarta, Indonesia. <https://doi.org/10.1063/1.4985479>
- Rahayu, W., 2019. Pengaruh Geopolimer untuk Meningkatkan Kuat Geser Tanah Gambut. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Wahab, A., Embong, Z., Research Centre for Soft Soil (RECESS), Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Johor, Malaysia, Hasan, M., College of Engineering, Universiti Malaysia Pahang, Malaysia, Musa, H., Faculty of Engineering, Universiti Malaysia Sabah, Malaysia, Zaman, Q.U., Department of Geology, Northwest University, Xian, PR China, Ullah, H., Department of Science and Technology, University of Stavanger, Norway, 2020. Peat Soil Engineering And Mechanical Properties Improvement Under The Effect Of EKS Technique At Parit Kuari, Batu Pahat, Johor, West Malaysia. *BGSM* 70, 133–138. <https://doi.org/10.7186/bgsm70202011>
- Zebua, H.F., 2022. Analisa Penurunan Akibat Beban Timbunan pada Tanah Gambut dengan Perkuatan. *dekons* 21, 50–64. <https://doi.org/10.35760/dk.2022.v21i1.5188>