

Efek Gradasi Tanah Pasir Pada Penggunaan Jamur *Rhizopus Oligosporus* untuk Perbaikan Tanah Pasir Lepas

Aswin Lim^{1,*}, Lauryne Pianica¹

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung¹

Koresponden*, Email: aswinlim@unpar.ac.id

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	19 Juli 2021	<i>Loose sand is categorized as a soil with low shear strength. This research presents effect of loose sand gradation which is mix with Rhizopus Oligosporus. In the admixture, Rhizopus Oligosporus is in the form of Tempe yeast. Soil samples were made by mixing several soil gradations with 5% water content and 5.24% of Tempe yeast. Then, the samples were cured for 3 days. The aim is to find the best soil gradation that yield the maximum soil shear strength. The results showed that the composition of 50% fine sand and 50% medium sand gives a maximum soil shear strength. The cohesion and soil internal friction angle is 0.59 kg/cm² and 20°, respectively. In addition, by using digital microscope, it is clearly seen that hypha and mycelium grown and bind soil particles.</i>
Diperbaiki	11 Maret 2022	
Disetujui	15 Maret 2022	

Keywords: loose sand, soil improvement, sand gradation, rhizopus oligosporus

Kata kunci: pasir lepas, perbaikan tanah, gradasi tanah pasir, jamur rhizopus oligosporus

Abstrak

Tanah pasir lepas merupakan salah satu jenis tanah dengan kuat geser tanah yang rendah. Penelitian ini menyajikan pengaruh variasi gradasi pasir lepas terhadap parameter kuat geser tanah yang dicampur dengan jamur *Rhizopus oligosporus*. Dalam pencampuran, jamur *Rhizopus oligosporus* adalah dalam bentuk ragi tempe. Sampel tanah dibuat dengan mencampurkan variasi gradasi dari tanah asli dengan air sebanyak 5% dari berat sampel dan kadar ragi sebanyak 5,24% dari berat sampel, kemudian diaramkan selama 3 hari. Pengujian dilakukan dengan berbagai variasi gradasi tanah asli untuk mengetahui gradasi terbaik yang menghasilkan nilai kuat geser yang maksimum. Hasil pengujian menunjukkan parameter kuat geser tanah maksimum adalah saat komposisi gradasi 50% *fine sand* dan 50% *medium sand*. Nilai kohesi yang diperoleh sebesar sebesar 0,59 kg/cm² dan nilai sudut geser dalam adalah 20°. Hasil pengamatan sampel menggunakan mikroskop digital menunjukkan hifa dan miselium tumbuh mengikat butiran pasir.

1. Pendahuluan

Tanah pasir lepas merupakan jenis tanah yang cukup bermasalah karena memiliki kuat geser yang rendah. Masalah yang dapat timbul bermacam-macam, mulai dari peristiwa likuifaksi ketika terjadi gempa dan kondisi tanah jenuh, hingga terjadinya erosi permukaan. Jenis tanah pasir gradasi seragam (*uniform/poor graded*) memiliki potensi erosi pada kategori *medium to high* dan besar kemungkinan erosi yang terjadi adalah erosi angin. Pertumbuhan vegetasi di jenis tanah ini berada dalam kategori *very poor* [1].

Saat ini, perbaikan tanah pasir yang dapat dilakukan cukup beragam, mulai dari penggunaan kimiawi (seperti *soil-cement*) [2][3], hingga penggunaan biologi (seperti bakteri) yang dikenal sebagai MICP (*Microbially Induced Calcite Precipitation*) [4][5]. Selain itu, juga ada penggunaan *biopolymer* yang juga cukup menjanjikan untuk meningkatkan kuat geser tanah pasir [6][7].

Jamur *Rhizopus oligosporus* (RO) adalah kapang yang banyak digunakan pada pembuatan tempe dan banyak ditemukan di alam karena hidupnya yang bersifat saprofit.

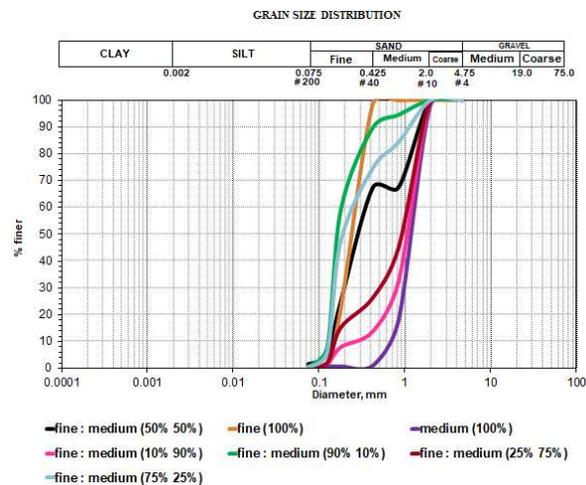
Kumpulan hifa pada jamur ini membentuk *miselia* yang mengikat dan menyatukan biji-biji kedelai pada pembuatan tempe. *Miselium* pada jamur RO ini juga dapat tumbuh pada tanah pasir lepas untuk mengikat dan menyatukan butir-butir pasir. Jamur RO juga terbukti dapat meningkatkan kuat geser tanah [8]. Dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh penulis [8], penggunaan Jamur RO cukup menjanjikan untuk dikembangkan lebih lanjut. Artikel ini menyajikan pengaruh gradasi tanah pasir lepas terhadap peningkatan kuat geser tanah yang telah dicampur dengan Jamur RO. Penelitian dilakukan masih dalam skala laboratorium, dan diharapkan bertahap dapat dikembangkan ke skala lapangan. Walaupun eksperimen dilakukan skala laboratorium, namun mekanisme dan perilaku tanah yang telah diperbaiki dapat diamati dan dinilai dengan jelas, sehingga dapat bermanfaat sebagai ilmu pengetahuan baru untuk memulai penelitian tahap selanjutnya.

Adapun aplikasi penggunaan jamur sebagai metode perbaikan tanah pada pasir lepas adalah untuk meningkatkan

stabilitas pada lereng dangkal dengan mekanisme *soil suction* dan peningkatan kuat geser tanah [9]

2. Metode

Secara keseluruhan, penelitian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah. Ada 2 jenis ukuran partikel pasir yang digunakan yaitu Pasir Ottawa yang merepresentasikan *Medium Sand* dan Pasir Pangandaran yang merepresentasikan *Fine Sand*. Kemudian, kedua jenis pasir ini dicampur sesuai dengan proporsi untuk menciptakan gradasi pasir yang berbeda-beda. Dari hasil uji *X-ray Fluorescence Spectrometry (XRF)* yang dilakukan terhadap 2 jenis pasir ini, diketahui bahwa komponen terbesar yang dikandung dalam Pasir Ottawa maupun Pasir Pangandaran adalah SiO_2 dan Al_2O_3 . SiO_2 atau yang dikenal sebagai Silika Dioksida adalah mineral utama penyusun tanah pasir. Silika relatif tidak reaktif terhadap asam kecuali terhadap asam fosfat dan asam hidrofluorida, namun silika dapat bereaksi terhadap basa kuat. Selain itu, silika membuat tanah memiliki daya tahan yang baik terhadap pelapukan kimia jangka panjang. Al_2O_3 atau disebut sebagai aluminium oksida merupakan kristal aluminium oksida dan merupakan salah satu mineral pembentuk batuan. Al_2O_3 sering digunakan untuk menghasilkan logam aluminium dan memiliki sifat penghambat panas dan listrik yang baik. Dari hasil XRF, dapat disimpulkan bahwa kedua jenis tanah pasir ini memiliki kandungan mineral yang mirip sehingga dapat dicampurkan dalam menciptakan variasi tanah pasir yang beragam. Hasil lengkap uji XRF tersaji pada **Tabel 1**.



Gambar 1. Kurva gradasi tujuh komposisi campuran tanah *medium sand* dan tanah *fine sand*.

Tabel 1. Hasil Uji XRF pada tanah Pasir Ottawa dan Pasir Pangandaran

Komponen	Persentase (%)	
	Pasir Ottawa	Pasir Pangandaran
Na_2O	0,735	-
MgO	2,79	-
Al_2O_3	18,5	2,72
SiO_2	4,6	94,1
P_2O_5	0,193	-
SO_3	0,389	-
Cl	0,167	0,0716
K_2O	0,841	0,227
CaO	19,5	1,85
TiO_2	1,07	-
MnO	0,209	-
Fe_2O_3	13,7	0,682
SrO	0,29	-
ZrO_2	-	0,0157
Rh_2O_3	-	0,305

Rangkaian percobaan terdiri dari 7 variasi gradasi tanah pasir, yang terdiri dari (1). *Medium Sand* 100%, (2). *Fine Sand* 100%, (3). *Medium Sand* 90% *Fine Sand* 10%, (4). *Medium Sand* 75% *Fine Sand* 25%, (5). *Medium Sand* 50% *Fine Sand* 50%, (6). *Medium Sand* 25% *Fine Sand* 75%, dan (7). *Medium Sand* 10% *Fine Sand* 90%. Dari komposisi pencampuran, maka diperoleh 7 kurva gradasi yang tersaji pada **Gambar 1**.

Setelah sampel tanah tercampur sesuai dengan komposisinya, dilakukan uji Index Properties untuk masing-masing sampel yang tersaji pada **Tabel 2**. Berdasarkan **Tabel 2**, dapat dilihat besar nilai G_s pada setiap komposisi pasir berada pada rentang antara 2,65 hingga 2,68. Menurut Mitchell dan Soga [10], nilai G_s pada tanah pasiran berkisar antara 2,65 hingga 2,68. Berat isi tanah kering (γ_d) pada pasir lepas seragam adalah $14,5 \text{ kN/m}^3$. Dilihat pada **Tabel 2**, hasil γ_d masih berada di antara $\gamma_{d\text{min}}$ dan $\gamma_{d\text{max}}$ yang lazim pada tanah pasir [10].

Setelah komposisi pasir tercampur, kadar air masing-masing sampel ditingkatkan hingga kadar air 5% dengan mencampurkan dengan Aquades. Tujuan dari menaikkan kadar air adalah untuk memberikan kelembaban supaya Jamur RO dapat tumbuh dengan baik. Setelah 5% kadar air tercapai, Langkah selanjutnya adalah menambahkan ragi Tempe kedalam sampel sejumlah 5,24% dari berat kering

sampel awal. Untuk penentuan variasi kadar air maupun kadar ragi tersaji pada penelitian Lim dkk[8]. Semua pencampuran dilakukan pada sebuah mangkok keramik dan diaduk dengan sendok aluminium.

Setelah sampel tercampur rata, langkah selanjutnya adalah mencetak campuran kedalam tabung. Tabung terbuat dari

plastik dengan tinggi 80 ± 2 mm dan diameter 38 ± 2 mm. Dimensi tabung ini sengaja disiapkan sesuai dengan ukuran sampel Uji Triaxial. Sebelum campuran dimasukkan kedalam tabung, bagian dasar tabung diberi tatakan karton dan dibungkus dengan plastik untuk mencegah campuran keluar dari dasar tabung.

Tabel 2. Index Properties Sampel Tanah

	Gradasi Pasir	ω	Gs	$\gamma_{d,min}$ (kN/m ³)	$\gamma_{d,max}$ (kN/m ³)	γ (kN/m ³)
1	Medium Sand 100%	1,02%	2,66	16,28	18,14	17,32
2	Fine Sand 100%	1,43%	2,68	12,45	15,10	17,65
3	Medium Sand 10% Fine Sand 90%	0,54%	2,65	15,10	17,06	16,08
4	Medium Sand 25% Fine Sand 75%	0,46%	2,66	17,55	18,14	17,95
5	Medium Sand 50% Fine Sand 50%	1,55%	2,66	16,38	19,12	17,90
6	Medium Sand 75% Fine Sand 25%	0,51%	2,65	17,16	19,61	18,34
7	Medium Sand 90% Fine Sand 10%	0,33%	2,66	16,96	19,51	18,14

Prosedur mencetak sampel adalah sebagai berikut: (1). Masukkan campuran setinggi 1/3 dari tinggi tabung, lalu dipadatkan dengan pistil dengan cara ditekan perlahan-lahan hingga ketinggian 2,5 cm dari dasar tabung, (2). Masukkan kembali campuran hingga 2/3 dari tinggi tabung dan kembali dipadatkan perlahan-lahan hingga ketinggian 5 cm dari dasar tabung, (3). Masukkan sisa campuran hingga penuh, dan kembali dipadatkan perlahan-lahan hingga tinggi sampel mencapai 76 mm. (4). Tutup dan bungkus bagian atas tabung dengan plastik dan diamkan selama 3 hari (waktu pengeraman). Waktu pengeraman yang digunakan mengikuti penelitian terdahulu Lim dkk [8]. **Gambar 2** menyajikan contoh sampel yang sudah dicetak dan siap untuk dieram selama 3 hari.



Gambar 2. Foto sampel setelah selesai dicetak.

Untuk masing-masing komposisi campuran, dibuat 3 sampel uji, sehingga total sampel yang dicetak adalah sejumlah 21 sampel. Dengan metode manual pencetakan sampel, tidak dapat dihindari bahwa ketidakberagaman campuran mungkin terjadi. Pada penelitian ini, disepakati batasan *relative density* untuk semua sampel yang tercetak adalah

$45 \pm 3\%$, sehingga masih dikategorikan sebagai tanah pasir lepas (*Loose Sand*). Selain itu, nilai berat isi tanah (γ) pada **Tabel 1** merupakan rata-rata dari 3 sampel yang dibuat untuk 1 variasi komposisi. Bilamana dari 3 sampel yang tercetak memiliki nilai *relative density* yang tidak memenuhi kriteria, maka sampel wajib dibuat kembali untuk memastikan validitas data hasil pengujian.

Untuk penentuan parameter kuat geser tanah, dipilih uji Triaxial *Unconsolidated Undrained* (ASTM D2850-15)[11]. Uji ini dipilih karena mampu menghasilkan parameter nilai kohesi dan sudut geser dalam. Selain itu, Uji Triaxial UU juga lebih cepat dan ekonomis untuk dilakukan.



Gambar 3. Sampel siap diuji pada alat Triaxial UU

3. Hasil dan Pembahasan

Uji Triaxial UU dilakukan pada 7 variasi komposisi tanah yang berbeda-beda. Pada seluruh rangkaian percobaan, sampel tanah dibuat dengan kadar air 5%, waktu pengeraman 3x 24 jam, dan kadar ragi 5,24%. Menurut hasil penelitian Lim

dkk [8], pada saat kadar air 5%, waktu curing 3 hari, dan kadar ragi 5,24% menghasilkan sampel dengan kuat tekan yang maksimal.

Rangkaian percobaan ini memvariasikan gradasi tanah mulai dari *medium sand* 100%, *fine sand* 100%, 90% *medium sand* dan 10% *fine sand*, 75% *medium sand* dan 25% *fine sand*, 50% *medium sand* dan 50% *fine sand*, *medium sand* 25% dan *fine sand* 75%, dan *medium sand* 10% dan *fine sand* 90%, dengan kepadatan relatif tanah (D_r) berkisar $45 \pm 3\%$. Rangkaian percobaan ini bertujuan untuk mengetahui gradasi terbaik dari campuran pasir yang menghasilkan nilai kuat geser tanah yang maksimal.

Tabel 3 menyajikan rangkuman nilai kohesi dan sudut geser dalam dari 7 variasi komposisi yang telah diuji. Terlihat bahwa nilai kohesi berada di rentang 11 hingga 59 kPa, dan nilai sudut geser dalam antara 28° hingga 32° . Nilai kohesi dan sudut geser dalam sedikit lebih tinggi dari sampel tanah pasir yang tidak diperbaiki yaitu kohesi 0 dan nilai sudut geser dalam adalah 27° [8]. Untuk diketahui bahwa parameter tanah pasir yang tidak diperbaiki adalah pada kondisi *Medium Sand 100%* dan diuji menggunakan Uji Geser Langsung (*Direct Shear*) dikarenakan sampel pasir sulit untuk dicetak dan berdiri sesuai dimensi sampel Triaxial bila tanpa Jamur RO. Untuk komposisi lainnya, pengujian sampel tanah tanpa perbaikan belum dilakukan karena keterbatasan waktu dan biaya. Namun, dari hasil *Medium Sand 100%* dapat menjadi rujukan awal untuk komposisi lainnya.

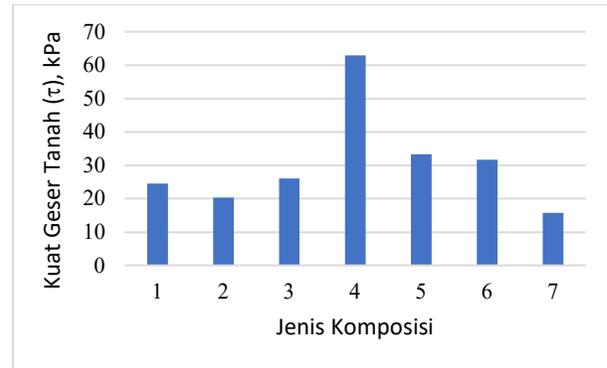
Tabel 3. Hasil Pengujian Triaxial UU pada 7 variasi komposisi pasir yang diperbaiki dengan Jamur RO

	Komposisi	c (kPa)	ϕ ($^\circ$)
1	<i>Medium Sand</i> 100%	20	31
2	<i>Medium Sand</i> 90% <i>Fine Sand</i> 10%	16	30
3	<i>Medium Sand</i> 75% <i>Fine Sand</i> 25%	22	28
4	<i>Medium Sand</i> 50% <i>Fine Sand</i> 50%	59	28
5	<i>Medium Sand</i> 25% <i>Fine Sand</i> 75%	29	30
6	<i>Medium Sand</i> 10% <i>Fine Sand</i> 90%	27	32
7	<i>Fine Sand</i> 100%	11	32

Bila diaplikasikan pada masalah erosi permukaan, dimana biasanya terjadi pada elevasi dangkal yaitu $< 0,5\text{m}$, maka kuat geser tanah dapat dihitung menggunakan persamaan Mohr-Coulomb seperti persamaan 1.

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

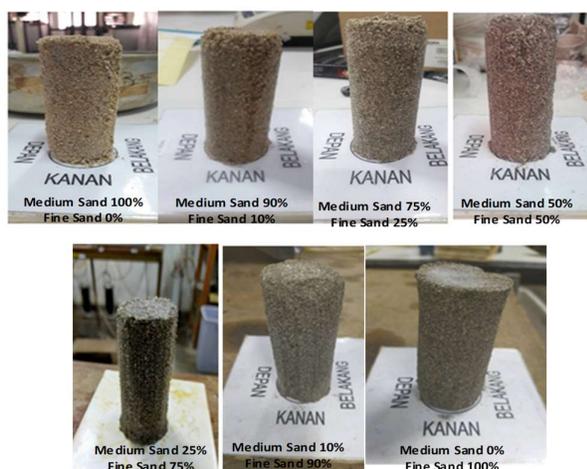
Dimana τ adalah kuat geser tanah, dan σ adalah tegangan vertikal tanah. Untuk menilai kuat geser tanah, diasumsikan bahwa nilai s adalah sebesar 7,5 kPa dimana nilai ini ekuivalen pada kedalaman 0,5 m dengan asumsi nilai berat isi tanah pasir adalah 15 kN/m^3 . **Gambar 4** menyajikan kuat geser tanah untuk 7 variasi komposisi gradasi tanah.



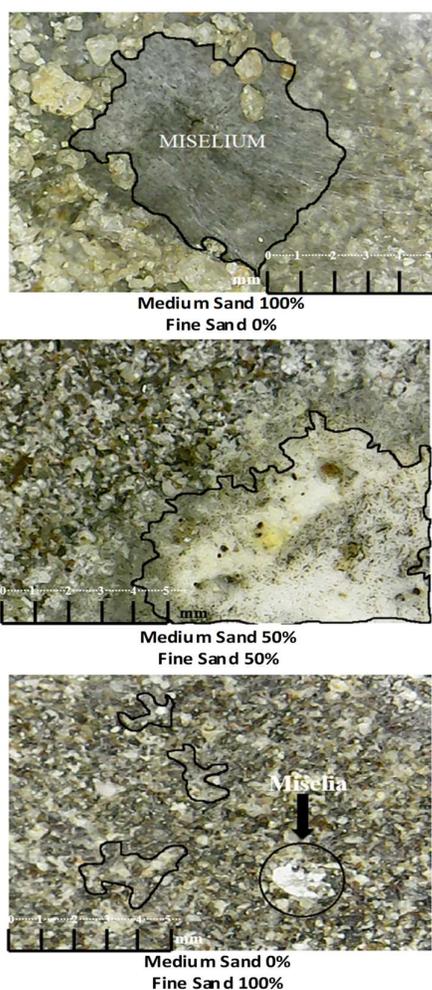
Gambar 4. Perbandingan nilai kuat geser tanah untuk variasi komposisi gradasi tanah.

Dari **Gambar 4**, terlihat jelas bahwa komposisi 4 (*Medium Sand* 50% *Fine Sand* 50%) memberikan nilai kuat geser tanah yang paling besar bila dibandingkan dengan komposisi lainnya. Jika ditinjau kembali ke nilai kohesi dan sudut geser dalam, tersaji juga nilai kohesi pada komposisi 4 memberikan nilai kohesi paling besar dibandingkan komposisi gradasi lainnya. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai kohesi yang dihasilkan memberikan kontribusi utama pada peningkatan kuat geser tanah. Selain itu, nilai sudut geser dalam dari 7 komposisi gradasi yang diuji tidak memiliki rentang yang begitu besar. Jika dibandingkan antara komposisi 1 (*Medium Sand* 100%) dan komposisi 7 (*Fine Sand* 100%), kuat geser tanah yang lebih tinggi dihasilkan oleh tanah komposisi 1 (*Medium Sand* 100%). Hal ini mengindikasikan bahwa tanah *Medium Sand* lebih cocok untuk ditumbuhi Jamur RO dibandingkan tanah *Fine Sand*. Namun pencampuran antara *Medium Sand* dan *Fine Sand*, dengan kadar *Fine Sand* lebih besar dari *medium Sand*, dapat meningkatkan nilai kohesi tanah dibandingkan kondisi murni *Medium Sand* maupun *Fine Sand*. Dengan kata lain, campuran komposisi tanah memberikan nilai positif pada peningkatan kuat geser tanah.

Gambar 5 menunjukkan kondisi sampel sesaat sebelum pengujian Triaxial UU. Terlihat bahwa semua sampel dapat berdiri tegak sesuai dengan dimensi tabung. Hal ini mengindikasikan secara kualitatif bahwa Jamur RO mengikat butiran pasir. Bila tanpa Jamur RO, sampel pasir tidak dapat berdiri tegak dan diuji.



Gambar 5. Foto sampel setelah waktu pengeringan 3 hari dan sebelum di uji.



Gambar 6. Hasil pengamatan dengan mikroskop digital untuk sampel tanah setelah perbaikan.

Gambar 6 menyajikan hasil pengamatan dengan mikroskop digital untuk sampel tanah setelah perbaikan. Dapat dilihat dari hasil mikroskop, sampel *Medium Sand 100%*, pertumbuhan jamur yang tumbuh pada permukaan sampel tanah memiliki panjang ± 9 mm. Pertumbuhan jamur menutupi sebagian permukaan sampel tanah yang ada. Selanjutnya, pada sampel *Medium Sand 50% Fine Sand 50%*, pertumbuhan jamur yang tumbuh memiliki panjang $\pm 8,5$ mm. Pertumbuhan jamur hanya menyebar disebagian permukaan sampel namun cukup rapat. Selanjutnya, pada sampel *Fine Sand 100%*, pertumbuhan jamur yang tumbuh memiliki panjang ± 2 mm. Pertumbuhan jamur hampir tidak terlihat di permukaan sampel.

Dari pengamatan menggunakan mikroskop digital, dapat disimpulkan bahwa miselium Jamur RO tumbuh dengan baik di permukaan Medium Sand. Sedangkan pada Fine Sand, miselium Jamur RO cenderung tumbuh diantara partikel-partikel pasir dan terbatas pada permukaan pasir. Perilaku ini yang mungkin dapat menjadi salah satu penjelasan bahwa nilai kohesi untuk tanah *Medium Sand* lebih tinggi dari tanah *Fine Sand*, dan kombinasi antara dua komposisi pasir ini memberikan kuat geser tanah paling tinggi diantara komposisi lainnya.

4. Simpulan

Dari hasil pengujian laboratorium yang telah dilakukan, beberapa simpulan yang dapat ditarik adalah sebagai berikut:

1. Komposisi gradasi pasir mempengaruhi kuat geser tanah pasir lepas yang telah diperbaiki menggunakan Jamur *Rhizopus Oligosporus*.
2. Berdasarkan uji Triaxial UU, sampel dengan komposisi gradasi 50% *Medium Sand* 50% *Fine Sand* memberikan nilai kuat geser terbesar pada saat tegangan vertikal yang relatif rendah.
3. Dari pengamatan menggunakan mikroskop digital, terlihat miselium Jamur *Rhizopus Oligosporus* tumbuh dengan baik di permukaan Medium Sand. Sedangkan pada Fine Sand, miselium Jamur *Rhizopus Oligosporus* cenderung tumbuh diantara partikel-partikel pasir dan terbatas pada permukaan pasir. Perilaku ini yang mungkin dapat menjadi salah satu penjelasan bahwa nilai kohesi untuk tanah *Medium Sand* lebih tinggi dari tanah *Fine Sand*, dan kombinasi antara dua komposisi pasir ini memberikan kuat geser tanah paling tinggi diantara komposisi lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] T. Rivas, *Erosion Control Treatment Selection Guide*. 2006.

- [2] R. W. Boulanger, M. Khosravi, A. Khosravi, and D. W. Wilson, "Remediation of liquefaction effects for an embankment using soil-cement walls: Centrifuge and numerical modeling," *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, vol. 114, no. December 2017, pp. 38–50, 2018, doi: 10.1016/j.soildyn.2018.07.001.
- [3] J. Fan, D. Wang, and D. Qian, "Soil-cement mixture properties and design considerations for reinforced excavation," *J. Rock Mech. Geotech. Eng.*, vol. 10, no. 4, pp. 791–797, 2018, doi: 10.1016/j.jrmge.2018.-03.004.
- [4] J. T. DeJong, M. B. Fritzges, and K. Nüsslein, "Microbially Induced Cementation to Control Sand Response to Undrained Shear," *J. Geotech. Geoenvironmental Eng.*, vol. 132, no. 11, pp. 1381–1392, 2006, doi: 10.1061/(asce)1090-0241(2006)132:-11(1381).
- [5] J. T. DeJong, B. M. Mortensen, B. C. Martinez, and D. C. Nelson, "Bio-mediated soil improvement," *Ecol. Eng.*, vol. 36, no. 2, pp. 197–210, 2010, doi: 10.1016/j.ecoleng.2008.12.029.
- [6] I. Chang, A. K. Prasadhi, J. Im, and G. C. Cho, "Soil strengthening using thermo-gelation biopolymers," *Constr. Build. Mater.*, vol. 77, pp. 430–438, 2015, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.12.116.
- [7] I. Chang and G. C. Cho, "Strengthening of Korean residual soil with β -1,3/1,6-glucan biopolymer," *Constr. Build. Mater.*, vol. 30, pp. 30–35, 2012, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2011.11.030.
- [8] A. Lim, P. C. Atmaja, and S. Rustiani, "Bio-mediated soil improvement of loose sand with fungus," *J. Rock Mech. Geotech. Eng.*, vol. 12, no. 1, 2020, doi: 10.1016/j.jrmge.2019.09.004.
- [9] E. Salifu and G. El Mountassir, "Fungal-induced water repellency in sand," *Geotechnique*, vol. 71, no. 7, pp. 608–615, 2021, doi: 10.1680/jgeot.19.P.341.
- [10] J. Mitchell and K. Soga, *Fundamental of Soil Behavior*, 3rd ed. New York: John Wiley & Sons, 2005.
- [11] ASTM D2850-15, "Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils," in *ASTM International*, West Conshohocken, PA: www.astm.org, 2015.