Aplikasi *Biogrouting* Untuk Meningkatkan Kestabilan Deposit Tebing Sungai Dari Material Piroklastik.

Imtazul Murtadli^{1*}, Andre Primantyo Hendrawan¹, Emma Yuliani¹

¹Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono No. 167, Malang, 65145, Indonesia

*Korespondensi Email: imtazul.m@gmail.com

Abstract: Mount Kelud is one of the active volcanoes in Indonesia, where its eruption activity produces pyroclastic material. The mass distribution of pyroclastic material causes the probability of landslide is increasing. This study aims to investigate the physical characteristic including the classification of pyroclastic material from Mount Kelud and also to study the effectiveness of biogrouting application as a way to increase the shear strength of pyroclastic material. The initial soil sample has a well-graded condition with $G_s = 2,651$. After biogrouting treatment performed, the soil sample shows an increasing value of the angle of internal friction in original and fine sample, where as the coarse sample shows the opposite effect. The highest value of the angle of internal friction is owned by original gradation with $w=10\%$ and increasing percentage up to 126,18% based on the initial sample. On the other hand, the three gradations have an increasing value for cohesion parameter, with the highest increasing value owned by coarse sample by $w = 10\%$ from 0,0183 kg/cm² to 0,7687 kg/cm² based on natural sample as a control.

Keywords: Biogrouting, Mount Kelud, Pyroclastic Material

Abstrak: Gunung Kelud merupakan gunung aktif di Indonesia, dimana letusan erupsinya menghasilkan material piroklastik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisik dan klasifikasi dari material piroklastik hasil erupsi Gunung Kelud dan mengetahui karakteristik perubahan parameter kuat geser akibat aplikasi *biogrouting* pada material piroklastik. Dari hasil analisa, material tersebut bergradasi baik dan memiliki G_s sebesar 2,651. Jenis gradasi asli dan fine mengalami peningkatan sedangkan coarse menurun apabila dilihat dari sisi sudut geser dalam, sedangkan dilihat dari sisi kohesi semua jenis gradasi mengalami peningkatan setelah proses *biogrouting*. Peningkatan sudut geser terbesar terjadi pada sampel asli pada kondisi $w=10\%$ dengan prosentase kenaikan sebesar 126,18% terhadap sampel natural sebagai kontrol. Untuk peningkatan nilai kohesi terbesar terjadi pada sampel coarse pada kondisi $w=10\%$ dari 0,0183 menjadi 0,7687 terhadap sampel natural sebagai kontrol.

Kata kunci: *Biogrouting*, Gunung Kelud, Material Piroklastik

1. Pendahuluan

Gunung Kelud terletak di perbatasan Kabupaten Kediri, Kabupaten Blitar, dan Kabupaten Malang Jawa Timur. Gunung Kelud merupakan salah satu gunung api yang berada di wilayah Jawa Timur yang sering berletusan berupa letusan eksplosif [1], dimana letusan erupsinya menghasilkan material piroklastik yang melimpah [2]. Material piroklastik dapat terdiri dari material padat berupa pasir, debu, dan abu vulkanik, sedangkan dalam bentuk cair berupa lava dan lahar [3]. McPhie (1993) memasukkan batuan piroklastik ke dalam kelompok batuan vulkaniklastik, yaitu batuan klastika hasil erupsi gunung api [4]. Kelompok batuan ini menjadi penting untuk dipelajari mengingat kondisi geologi Indonesia yang banyak dijumpai gunung api.

Pada permasalahan di daerah gunung Kelud tepatnya di lereng lahar dingin sungai Kali Putih sering terjadi longsor. Longsor yang terjadi diakibatkan oleh tiga faktor, yaitu dari ulah manusia, alam, dan kondisi tanah [5]. Faktor dari ulah manusia adalah penambangan pasir yang tidak terkendali yang dapat mengakibatkan gerusan dibawah lereng sehingga menimbulkan kelongsoran tebing. Faktor dari alam adalah hujan yang berlangsung lama akan memicu terjadinya gerakan tanah, dimana laju infiltrasi akan semakin cepat sehingga massa tanah terangkut oleh aliran air [6]. Sedangkan, faktor dari kondisi tanah adalah tanah penyusun lereng yang memiliki sifat permeabilitas dan kuat geser berperan dalam mengontrol terjadinya gerakan tanah [7].

Pada saat ini, salah satu alternatif untuk meningkatkan kuat geser tanah agar tidak terjadi kelongsoran adalah dengan aplikasi *biogrouting* [8]. Walaupun aplikasi *biogrouting* pada skala lapangan masih terbatas, namun karena sifatnya yang ramah lingkungan dan relatif murah maka penggunaan *biogrouting* dimasa depan dapat menjadi alternatif yang menjanjikan [9]. Dengan demikian penelitian tentang aplikasi *biogrouting* untuk meningkatkan kuat geser tanah pada material piroklastik dari tebing sungai Kali Putih menjadi penting untuk dilakukan.

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan

A. Wilayah Studi

Gunung Kelud secara geografis terletak pada $7^{\circ} 56' 00$ LS dan $112^{\circ} 18' 30$ BT dengan ketinggian puncak 1.731 m di atas permukaan laut. Gunung Kelud tercatat sebagai gunung yang sangat aktif, selama seratus tahun ini sudah tercatat hampir 40 kali letusan yang sudah terjadi dengan jarak yang relatif pendek (8-25 tahun) [10].

Gambar 1: Lokasi Gunung Kelud dan Kali Putih

2.2 Metode

Gambar 2: Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan aplikasi *Biogrouting* dengan bantuan *microorganism*. *Biogrouting* adalah proses meninjeksi *microorganism* ke dalam tanah yang bertujuan untuk meningkatkan kuat geser tanah. *Biogrouting* dibagi menjadi 2 (dua) yaitu *biocementation* dan *bioclogging*. *Biocementation* bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan yang dimiliki suatu tanah dan batuan sedangkan *bioclogging* bertujuan untuk menyumbat ruang pori tanah [9].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perbandingan hasil uji *Direct Shear* untuk Sudut Geser Dalam (kondisi kering)

Gambar 3: Grafik perbandingan hasil uji *Direct Shear* untuk Sudut Geser Dalam (kondisi kering)

Dapat dilihat bahwa proses *biogrouting* yang telah dilakukan terhadap material vulkanik yang diambil dari longsor tebing Kali Putih mengalami peningkatan sudut geser dalam untuk jenis gradasi asli dan *fine* sedangkan *coarse* mengalami penurunan. Untuk peningkatan kenaikan gradasi asli sebesar 23,35% sedangkan gradasi *fine* sebesar 67,19% terhadap sampel natural sebagai kontrol. Penurunan gradasi *coarse* sebesar 38,88%.

3.2 Perbandingan hasil uji *Direct Shear* untuk Sudut Geser Dalam (kondisi w=10%)

Gambar 4: Grafik perbandingan hasil uji *Direct Shear* untuk Sudut Geser Dalam (kondisi w=10%)

Dapat dilihat bahwa proses *biogrouting* yang telah dilakukan terhadap material vulkanik yang diambil dari longsor tebing Kali Putih mengalami peningkatan sudut geser dalam untuk jenis gradasi

asli dan *fine* sedangkan *coarse* mengalami penurunan. Untuk peningkatan kenaikan gradasi asli sebesar 126,18% sedangkan gradasi *fine* sebesar 120,03% terhadap sampel natural sebagai kontrol. Penurunan gradasi *coarse* sebesar 33,6%. Jadi dapat disimpulkan bahwa kondisi kering maupun $w=10\%$ terlihat bahwa adanya kesamaan yaitu gradasi asli dan *fine* mengalami kenaikan sedangkan *coarse* mengalami penurunan.

3.3 Perbandingan hasil uji *Direct Shear* untuk kohesi (kondisi kering)

Gambar 5: Grafik perbandingan hasil uji *Direct Shear* untuk kohesi (kondisi kering)

Dapat dilihat bahwa proses *biogrouting* yang telah dilakukan terhadap material vulkanik yang diambil dari longsoran tebing Kali Putih mengalami peningkatan kohesi untuk semua jenis gradasi. Untuk peningkatan kenaikan gradasi asli dari 0,0077 kg/cm² menjadi 0,2654 kg/cm²; gradasi *fine* dari 0,1277 kg/cm² menjadi 0,2697 kg/cm²; dan gradasi *coarse* dari 0,0183 kg/cm² menjadi 0,2776 kg/cm² terhadap sampel natural sebagai kontrol.

3.4 Perbandingan hasil uji *Direct Shear* untuk kohesi (kondisi $w=10\%$)

Gambar 6: Grafik perbandingan hasil uji *Direct Shear* untuk kohesi (kondisi $w=10\%$)

Dapat dilihat bahwa proses *biogrouting* yang telah dilakukan terhadap material vulkanik yang diambil dari longsoran tebing Kali Putih mengalami peningkatan kohesi untuk semua jenis gradasi.

Untuk peningkatan kenaikan gradasi asli dari 0,0077 kg/cm² menjadi 0,1869 kg/cm²; gradasi *fine* dari 0,1277 kg/cm² menjadi 0,1762 kg/cm²; dan gradasi *coarse* dari 0,0183 kg/cm² menjadi 0,7687 kg/cm² terhadap sampel natural sebagai kontrol.

4. Kesimpulan

Jenis gradasi asli dan *fine* mengalami peningkatan sedangkan *coarse* menurun apabila dilihat dari sisi sudut geser dalam. Apabila dilihat dari sisi kohesi semua jenis gradasi mengalami peningkatan setelah proses *biogrouting*. Peningkatan sudut geser terbesar terjadi pada sampel A-10-BS (asli, kondisi w=10%) dengan prosentase kenaikan sebesar 126,18% terhadap sampel natural sebagai kontrol.

Material jenis gradasi asli dengan inokulasi *Bacillus Subtilis* kondisi w=10% memiliki kuat geser terbesar dan dianggap sebagai variasi dengan hasil yang paling baik untuk material piroklastik yang diambil dari kelongsorang tebing Kali Putih. Untuk peningkatan nilai kohesi terbesar terjadi pada sampel C-10-BS (*coarse*, kondisi w=10%) dari 0,0183 kg/cm² menjadi 0,7687 kg/cm² terhadap sampel natural sebagai kontrol.

Daftar Pustaka

- [1] A. Zaenudin., Prakiraan Bahaya Letusan Gunung Kelud. Bulletin Vulkanologi dan Bencana Geologi, vol. 4, no. 2, pp. 1-17, 2009.
- [2] SS. Rijal., Identifikasi Material Piroklastik Pasca Erupsi Gunung Kelud Menggunakan Citra *Hyperspektral*. Lapan, vol. 17, no. 1, p. 1-9, 2020.
- [3] S. Matsumura., *Laboratory and In-Situ Studies on Mechanical Properties of Volcanic Soil Embankment in Cold Region*. Hokkaido University, 2014.
- [4] J. Mcphie, M. Doyle, R. Allen., *Volcanic Textures A Guide to the Interpretation of Textures in Volcanic Rocks*. Tasmania: Centre for Deposit and Exploration Studies, 1993.
- [5] IG. Sudewo., Evaluasi Karakteristik Kuat Geser Material Tebing Sungai Di Lokasi Kelongsoran Penambangan Pasir Kali Putih. Malang: Universitas Brawijaya, vol. 2, no. 2 2019.
- [6] Y. Cindy., Model Infiltrasi Pada Berbagai Penggunaan Lahan Di Desa Tulo Kecamatan Dolo Kabupaten Sigi. Palu: Universitas Tadulako, 2017.
- [7] JE. Bowles, *Physical and Geotechnical Properties of Soils*. Edisi kedua. Terjemahan Ir. Johan Kelanaputra Hainim: Erlangga, 1986.
- [8] E. Yuliani and A. P. Hendrawan, *Effectivity of Decreasing Permeability and Increasing Shear Strength of Sandy Soil using Exopolysaccharide Biopolimer*. Geomate, vol. 17, no. 64, pp. 224-229, 2019.
- [9] Ivanov dan Chu. J., *Applications of Microorganism to Geotechnical Engineering for Bioclogging and Biocementation of Soil in situ*. Singapura: Nanyang Technological University, 2008.
- [10] Sulaksana, N., Sukiyah, E., Sudradjat, A., dan S. Yafri, I., *The Crater Configuration of Kelud Volcano*. International Journal, vol. 3, no. 3, p. 419-422, 2014.