

## PENGARUH BIOSEMENTASI BAKTERI TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN TANAH KOHESIF DAN ORGANIK

Alkadri<sup>1</sup>, Rahman Djameluddin<sup>2</sup>, Tri Harianto<sup>3</sup> dan Ardy Arsyad<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Doktor Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin,  
Jalan Poros Malino, Km. 6 kampus Teknik Gowa. Email: khadry\_ft@yahoo.com.

<sup>2</sup>Profesor Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Jalan Poros Malino, Km. 6 kampus Teknik Gowa. Email: Abdulrachman10101959@gmail.com

<sup>3</sup>Associate Profesor Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Jalan Poros Malino, Km. 6 kampus Teknik Gowa. Email: triharianto@unhas.ac.id

<sup>4</sup> Associate Profesor Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Jalan Poros Malino, Km. 6 kampus Teknik Gowa. Email: ardy.arsyad@unhas.ac.id

### ABSTRAK

Studi ini bertujuan mengevaluasi karakteristik fisik, dan mekanis tanah dengan metode biosementasi bakteri, pencampuran tanah kohesif dan tanah organik, dengan variasi penambahan tanah organik 10,20 dan 30%, penambahan larutan bakteri 6%, variasi umur kultur bakteri yaitu 4 hari dengan pemeraman 3,7,14 dan 28 hari. Pengujian di lakukan skala laboratorium, penelitian diawali uji propertis tanah, uji pertumbuhan bakteri dan uji mekanis tanah dengan unconfined compressive strength (UCS) menggunakan larutan bakteri. Hasil pengujian kadar organik 58.47%, uji pemadatan standard Proctor diperoleh kadar air optimum 32,19% dengan berat volume kering ( $\gamma_d$ ) 13.36 kN/m<sup>3</sup>, pengujian batas Atterberg batas cair sebesar 56,67% batas plastis 41,31%, indeks plastisitas 15,36% dan batas susut 21,42%, sedangkan hasil analisis saringan pasir (sand) 21,60%, lanau (silt) 38,32% dan lempung (clay) 36,88 klasifikasi Unified Soil Classification System (USCS) digolongkan tanah berbutir halus dengan klasifikasi MH yaitu lanau dengan plastisitas tinggi, sedangkan berdasarkan AASHTO sampel tanah masuk ke dalam kelompok A-5 uji UCT Tanah kohesif dan organik 10% yang di stabilisasi bakteri memiliki nilai kuat tekan sebesar 28,74 kN/m<sup>3</sup>, atau meningkat 5 kali dari tanah tanpa stabilisasi bakteri, variasi 20% tanah organik 20.16 kN/m<sup>3</sup>, dan variasi 30 % nilai tekan 17.92 kN/m<sup>3</sup>, atau meningkat 9 kali dari tanah tanpa stabilisasi

**Kata Kunci :** Biosmentasi, Tanah Kohesif, UCT

### 1. PENDAHULUAN

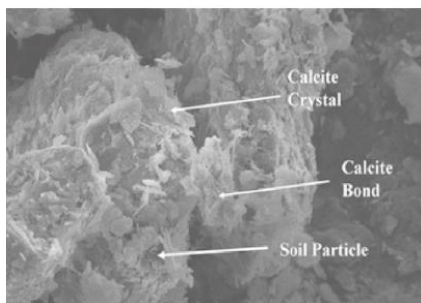
Populasi manusia dan infrastruktur sipil berkembang pesat dari tahun ke tahun hal ini memicu pada beberapa masalah khususnya masalah Geoteknik seperti meningkatnya kebutuhan akan tanah yang berkualitas dan kondisi tanah yang kurang baik seperti tanah lunak dan tanah organik. Dibutuhkan metode baru yang berkelanjutan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah. Beberapa penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa Perilaku tanah menjadi parameter penting dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu pekerjaan konstruksi, perbaikan tanah telah menjadi bagian yang sangat penting dan harus di pikirkan karena kelangkaan tanah yang sesuai semakin sulit untuk di dapatkan serta tingkat pertumbuhan populasi manusia yang terus meningkat. Dalam hal kebutuhan konstruksi

penggantian material dan penggunaan bahan kimia untuk lapisan subgrade tidak efisien, maka perlu digunakan metode lain agar kualitas tanah setempat mampu digunakan kembali tanpa harus mengganti tanah dan merusak lingkungan. Pemakaian bahan kimia seperti semen dalam pembuatan bahan material seperti mortar, beton dan paving block secara signifikan dapat menimbulkan Emisi CO<sub>2</sub> (Djameluddin et al. 2020), mikroorganisme yang mampu menghasilkan senyawa kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) disebut microbial induced calcite precipitation (MICP) Jason de Jong Bio-Mediated Soil Improvement menemukan bahwa peluang baru untuk memanfaatkan proses biologis untuk memodifikasi sifat-sifat tanah (DeJong et al. 2010). Penggunaan mikro organisme dianggap sebagai alternatif di tengah maraknya bahan-bahan kimia dan

sintesis pada konstruksi sipil. (Oliveira et al. 2017). Pembentukan efektif  $\text{CaCO}_3$  akan meningkatkan kekuatan dan kekakuan lapisan subgrade dan tanggul dengan tetap menjaga karakteristik permeabilitas (Mujah et al. 2019). Biosementasi suatu metode stabilisasi perbaikan tanah dengan menggunakan kemampuan bakteri yang hidup di dalam tanah untuk menghasilkan enzim urease, enzim mengkatalisis satu hidrolisis dari urea menjadi karbon dioksida dan amonia (Lim et all. 2019). Sebagai pada persamaan 1

$$(\text{NH}_2)_2 \text{CO} + \text{H}_2 \text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{NH}_3 \quad (1)$$

Disribusi sebaran calsit pada partikel tanah menurut Soon pada gambar berikut (1)



**Gambar 1. Distribusi kalsium karbonat (Soon et al. 2014)**

Ciri tanah organik adalah kadar air yang tinggi, kompresibilitas tinggi, kecepatan creep yang tinggi kadar organik tinggi dan kekuatan rendah yang mengakibatkan konstruksi bermasalah, sehingga konstruksi di atas tanah organik cenderung dihindari akan tetapi kebutuhan lahan yang semakin meningkat, dan area konstruksi terbatas menyebabkan pembangunan pada lahan organik tak dapat dihindari. Kadar organik tanah ditentukan berdasarkan kehilangan massa akibat pembakaran (*loss on ignition*) dilakukan dengan mengukur pengurangan

**Tabel 1**  
**Nilai Tipikal kadar organik**

Jenis Tanah	Kadar Organik (%)
Gambut	75-100
Tanah Organik	25-75
Pasir/Lanau Organik	2-25

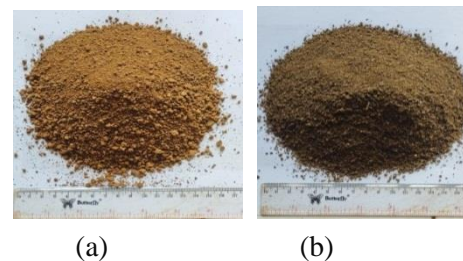
Penambahan bakteri untuk stabilisasi tanah lempung berpasir dengan metode bio-grouting berhasil meningkatkan daya dukung tanah (Harianto et al. 2020). Tanah organik tropis beserta penambahan pasir dengan menggunakan metode perlakuan pra-

penampuran dengan masa pemeraman 3 hari. Nilai *unconfined compressive strength* (UCS) meningkat. (Phang et al. 2018). Dampak Positif yang diakibatkan oleh mikroorganismenya adalah mampu mendegradasi polutan, karena mikroorganismenya tertentu mampu meningkatkan sifat Geoteknik tanah yang biasa disebut biomineral. Proses pengendapan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) sangat mudah. Mekanisme MICP yang dapat dikontrol yang dapat menghasilkan  $\text{CaCO}_3$  dalam konsentrasi tinggi dan waktu yang singkat (Dhami, et al. 2013). Hasriana menemukan nilai UCT optimum penambahan larutan konsentrasi bakteri mampu meningkatkan nilai kuat tekan sebesar 15 kali dibandingkan dengan tanah tanpa stabilisasi (Hasriana et al. 2017).

## 2. METODELOGI PENELITIAN

### 2.1 Penyiapan Material

Material yang digunakan dalam penelitian berasal dari Kota Makassar provinsi Sulawesi Selatan. sedangkan tanah Organik yang di gunakan adalah tanah kompos penyiapan uji pendahuluan untuk mengetahui sifat fisik tanah yang terdiri dari pengujian kadar air, berat jenis tanah, batas-batas *atterberg*, analisa saringan, kompaksi dan pengujian mekanis pengujian (*Unconfined Compression Test*), mikroorganismenya bakteri yang digunakan pada penelitian ini adalah bakteri *bacillus subtilis*

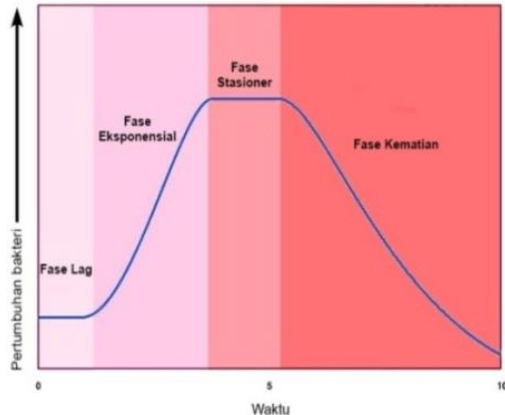


**Gambar 2. (a) sampel Tanah. (b) Tanah organik)**

### 2.2. Uji Pertumbuhan Bakteri

Uji pertumbuhan dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan suatu bakteri yang dilihat pada tingkat kekeruhan pada media cair dengan menggunakan *incubator* dan penggoyang. Kultur mikrobiologi cara memperbanyak mikroba bakteri pada media tertentu yang di lakukan di laboratorium, penelitian yang dilakukan oleh Natsir Djide menemukan bahwa kurva pertumbuhan bakteri terdiri dari beberapa fase yaitu lag, eksponensial, stasioner, dan kematian (Natsir djide 2012). Fase Lag merupakan fase penyesuaian bakteri dengan lingkungan yang baru, Fase eksponensial atau logaritma ditandai dengan periode pertumbuhan yang terbilang cepat. Setiap sel dalam

populasi membelah menjadi dua, Fase stasioner terjadi pada saat laju pertumbuhan bakteri, dan Fase Kematian merupakan fase dimana laju kematian lebih besar. Proses pembiakan bakteri dengan komposisi 20 gr Urea, 3 gr Nutrient Brouth, 2,12 gr NaHCO<sub>3</sub>, 4.14 gr CaCl<sub>2</sub>, 10 gr NH<sub>4</sub>Cl kemudian di campur dengan bakteri aktivasi *bacillus subtilis*. seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva pertumbuhan bakteri

### 2.3. Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis

Secara sederhana pengertian dari sifat fisik tanah merupakan sifat yang berhubungan dengan elemen penyusun massa tanah, sedangkan sifat mekanis tanah yaitu perilaku dari struktur massa tanah ketika diberikan sebuah gaya atau tekanan. Uji laboratorium untuk mengetahui sifat-sifat fisik yang seperti kadar air, batas *atterberg*, analisa saringan (*sieve analisis*), dan berat jenis (*spesifik grafiti*), sedangkan uji sifat mekanis meliputi uji pemadatan, dan uji kuat tekan (UCT). Penggunaan alat sebelumnya diperiksa kondisi dan kemampuannya serta dikalibrasi terlebih dahulu. Prosedur dan cara kerja alat harus dipelajari secara seksama, kemampuan, ketelitian, serta kapasitas alat harus dipahami secara baik agar tidak terjadi kesalahan selama pelaksanaan pengujian.

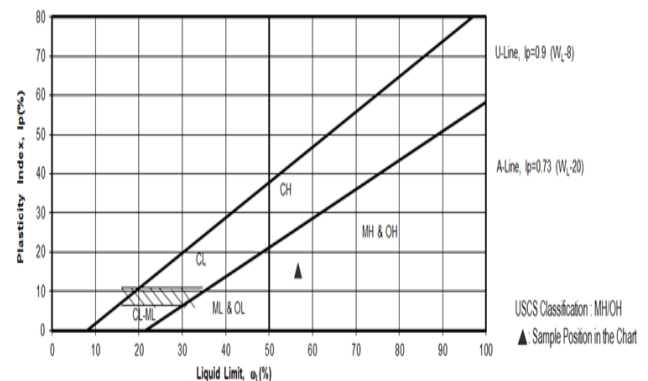
## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji fisik di laboratorium diperoleh Kadar air awal 12,92%. Uji pemadatan *standard Proctor* diperoleh kadar air optimum 32,19% dengan berat volume kering ( $\gamma_d$ ) 13.36 kN/m<sup>3</sup>, berat jenis tanah 2,63, pengujian batas Atterberg batas cair sebesar 56,67% batas plastis 41,31%, indeks plastisitas 15,36% dan batas susut 21,42%, sedangkan hasil analisis saringan pasir (*sand*) 21,60%, lanau (*silt*) 38,32% dan lempung (*clay*) 36,88 %. Hasil kasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS)

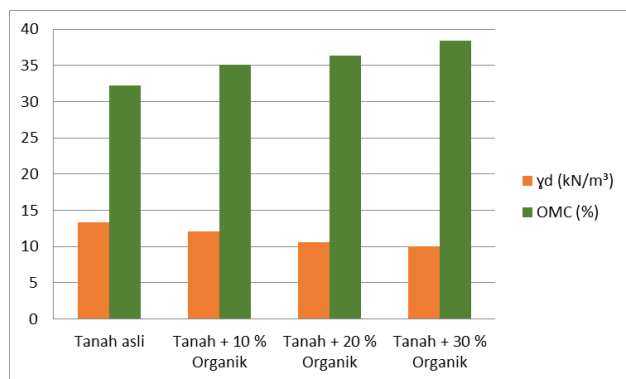
digolongkan dalam tanah berbutir halus dengan klasifikasi MH yaitu lanau plastisitas tinggi, berdasarkan AASHTO sampel tanah masuk ke dalam kelompok A-5 merupakan tanah lanau dengan penilaian sedang sampai buruk. Hasil pengujian kadar organik pada tanah yaitu 58. 24 % klasifikasi tanah termaksud dalam kadar organik tinggi (50%-75%).

Tabel 2  
Propertis Tanah (hasil analisis)

Test	Test Results	
	Result Value	Unit
Initial Water Content (w)	12.92	%
Specific Gravity (Gs)	2.63	-
Gravel	3.20	%
Sand	21.60	%
Silt	38.32	%
Clay	36.88	%
Liquid Limit (LL)	56.67	%
Plastic Limit (PL)	41.31	%
Plasticity Index (PI)	15.36	%
Shrinkage Limit (SL)	21.42	%
Standard Proctor :		
Max Dry Density, ( $\gamma_d$ )	13.36	kN/m <sup>3</sup>
(OMC)	32.19	%
USCS : MH, AASHTO : A-5		



Gambar 4. Diagram Plastisitas *Unified Soil Classification System* (hasil analisis)

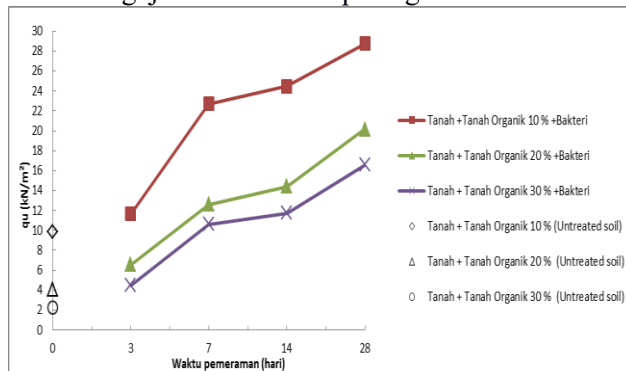


**Gambar 5. Hubungan berat isi kering dan kadar air (hasil analisis)**

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa berat isi tanah yang di campurkan dengan organik lebih kecil dan jumlah kadar air optimumnya cenderung meningkat yaitu untuk 10%  $\gamma_{dry}$  maksimumnya 12.1 kN/m<sup>3</sup> kadar air 35 %, 20%  $\gamma_{dry}$  maksimumnya 10.5 kN/m<sup>3</sup> kadar air 36.37%, 30%  $\gamma_{dry}$  maksimumnya 10.2 kN/m<sup>3</sup> kadar air 38.64 %. penambahan jumlah tanah organik menurunkan  $\gamma$  tanah akan tetapi menambah jumlah kadar air.

### Hasil uji kuat tekan Bebas

Hasil Pengujian Uct terlihat pada gambar 6 berikut



**Gambar 6. Nilai kuat tekan  $q_u$  pencampuran tanah kohesif dan tanah organik (hasil analisis)**

Gambar 6 menunjukkan bahwa pada umur pemeraman 28 hari, tanah dan tanah organik 10% yang di stabilisasi bakteri memiliki nilai kuat tekan sebesar 28,74 kN/m<sup>3</sup>, untuk variasi 20% tanah organik 20.16 kN/m<sup>3</sup>, dan variasi 30 % nilai tekan 17.92kN/m<sup>3</sup>, sedangkan tanah yang tidak distabilisasi bakteri relatif lebih rendah yaitu untuk variasi 10 % tanah organik dengan nilai kuat tekan 6.85 kN/m<sup>3</sup>, 20 % nilai kuat tekan 2.84 kN/m<sup>3</sup> sedangkan 30% memiliki nilai kuat tekan 2.54 kN/m<sup>3</sup>, dapat

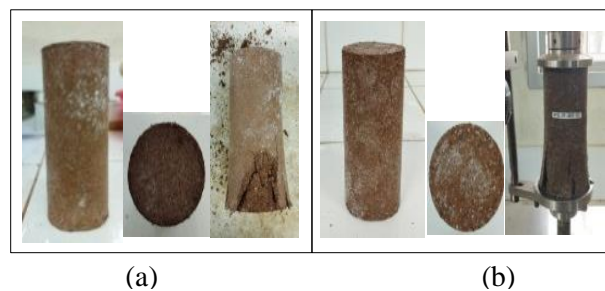
disimpulkan bahwa stabilisasi menggunakan bakteri *bacillus subtilis* mampu meningkatkan nilai kuat tekan tanah 5 kali dibandingkan dengan tanah tanpa stabilisasi.\

**Tabel 3**

**Nilai modulus elastisitas**

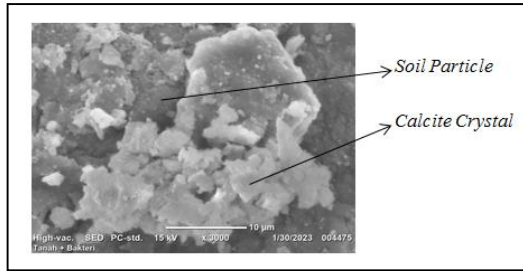
Variasi Tanah + Tanah Organik	Modulus Elastisitas (kN/m <sup>2</sup> )			
	3	7	14	28
T+T Org 10 % +Bakteri	1.94	7.99	8.27	8.45
T+T Org 20 % +Bakteri	0.89	2.24	2.56	2.98
T+T Org 30 % +Bakteri	0.8	1.33	1.54	2.89
T+T Org 10 %			0.79	
T+T Org 20 %			0.46	
T+T Org 30 %			0.09	

Nilai modulus elastisitas tanah meningkat dengan pertambahan larutan bakteri pada umur pemeraman 28 hari pencampuran tanah kohesif dan tanah organik 10 % dengan penambahan 6% bakteri nilai modulus elastisitas sebesar 8.45 kN/m<sup>2</sup>, 20% nilai modulus elastisitas sebesar 2.98 kN/m<sup>2</sup> dan 30% nilai modulus elastisitas sebesar 2.89 kN/m<sup>2</sup>



**Gambar 7. Perubahan permukaan sampel 10% dan 30 % tanah organik (hasil analisis)**

Gambar 7 menunjukkan perubahan permukaan antara 10% tanah organik dan 30% tanah organik terdapat warna keputihan pada permukaan sampel tanah. Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mendapatkan gambaran permukaan mineral/material. Seperti pada gambar 8.



**Gambar 8 Hasil Uji SEM (Scanning Electron Microscope)**

Gambar 8 menunjukkan hasil pencampuran tanah dan larutan bakteri pada tanah dengan warna keputihan dan warna partikel tanah dengan corak agak kehitaman, hal ini menunjuk *calcite* terbentuk pada tanah.

#### 4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menemukan karakteristik fisik tanah uji pemadatan *standard Proctor* kadar air optimum 32,19% dengan berat volume kering ( $\gamma_d$ ) 1,36 gr/cm<sup>3</sup>, berat jenis tanah 2,63 gr/cm<sup>3</sup>, pengujian batas Atterberg batas cair sebesar 46,89% batas plastis 31,94%, indeks plastisitas 14,96% dan batas susut 7,49%, sedangkan hasil analisis saringan pasir (sand) 21,60%, lanau (*silt*) 38,32% dan lempung (*clay*) 36,88 %. Hasil klasifikasi *Unified Soil*

*Classification System* (USCS) digolongkan dalam tanah berbutir halus dengan klasifikasi MH yaitu lanau plastisitas tinggi, berdasarkan AASHTO sampel tanah masuk ke dalam kelompok A-5 merupakan tanah lempung dengan penilaian sedang sampai buruk. kuat tekan tanah kohesif dan tanah organik 10% yang di stabilisasi bakteri memiliki nilai kuat tekan sebesar 28,74 kN/ m<sup>3</sup>, atau meningkat 5 kali dari tanah yang tanpa stabilisasi bakteri, variasi 20% tanah organik 20.16 kN/m<sup>3</sup>, dan variasi 30 % nilai tekan 17.92 kN/m<sup>3</sup>, atau meningkat 9 kali dari tanah yang tanpa stabilisasi bakteri. Tanah yang tidak distabilisasi bakteri (*untreated*) relatif lebih rendah yaitu untuk variasi 10 % tanah organik dengan nilai kuat tekan 6.85 kN/m<sup>3</sup>, 20 % nilai kuat tekan 2.84 kN/m<sup>3</sup>, sedangkan 30% memiliki nilai kuat tekan 2.54 kN/m<sup>3</sup>. Penelitian di dilakukan di laboratorium, perlu di lakukan pengembangan selanjutnya dengan melakukan pengujian lapangan (*full scale*) untuk melihat bagaimana perilaku bakteri ketika kondisi yang dinamis yaitu kemarau/panas dan basah/hujan

#### DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D4427-92, 1992, Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing, Annual Book of ASTM Standars, Section 4, Volume 04.08 Soil and Rock, Philadelphia
- DeJong, Jason T., Brina M. Mortensen, Brian C. Martinez, and Douglas C. Nelson., 2010. "Bio-Mediated Soil Improvement." *Ecological Engineering* 36(2): 197–210.
- Dhami, Navdeep K., M. Sudhakara Reddy, and M. Sudhakara Mukherjee., 2013. "Biomineralization of Calcium Carbonates and Their Engineered Applications: A Review." *Frontiers in Microbiology* 4(OCT):1–13.
- Djamaluddin, Abdul Rachman, Muhammad Akbar Caronge, M. W. Tjaronge, Asiyanthi T. Lando, and Rita Irmawaty. 2020. "Evaluation of Sustainable Concrete Paving Blocks Incorporating Processed Waste Tea Ash." *Case Studies in Construction Materials* 12:e00325.
- Hariato, T. Hamzah, Nurhijraini, Abdurrahman.,2020. "Biogrouting Stabilization on Marine Sandy Clay Soil." *Proceedings of the 7th International Conference on Asian and Pacific Coasts, APAC 2013* (Apac): 848–52.
- Hasriana, Lawalenna et al. 2017. "Pengaruh Penambahan Bakteri ( *Bacillus Subtilis* ) Pada Tanah." : 26–27.
- Lim. Aswin. Muhammad. A. Dary. Lestari S Anastasia. (2019). " Studi Eksperimental Kemampuan Biosementasi Bakteri Lokal pada Tanah Pasir Lepas" *Jurnal Teknik Sipil ITB*, ISSN 0853-2982, DOI: 10.5614/jts.2019.26.2.5 . Vol. 26 No. 2, Agustus 2019
- Mujah, Donovan, Liang Cheng, and Mohamed A. Shahin., 2019. "Microstructural and Geomechanical Study on Biocemented Sand for Optimization of MICP Process." *Journal of Materials in Civil Engineering* 31(4): 1–10.
- Mwandira, Wilson, Kazunori Nakashima, and Satoru Kawasaki., 2017. "Bioremediation of Lead-Contaminated Mine Waste by *Pararhodobacter* Sp. Based on the Microbially Induced Calcium Carbonate Precipitation Technique and Its Effects on Strength of Coarse and Fine Grained Sand." *Ecological Engineering* 109(September): 57–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.09.01>

1.  
Djide, M. Natsir dan Sartini.,2012. *Mikrobiologi Farmasi Dasar*. Laboraturium Mikrobiologi Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Hasanuddin. Makassar
- Oliveira, Paulo J.Venda, Luís D. Freitas, and João P.S.F. Carmona. (2017). “Effect of Soil Type on the Enzymatic Calcium Carbonate Precipitation Process Used for Soil Improvement.” *Journal of Materials in Civil Engineering* 29(4): 1–7.
- Phang, I. R.K., K. S. Wong, Y. S. Chan, and S. Y. Lau., 2018. “Effect of Microbial-Induced Calcite Precipitation towards Tropical Organic Soil.” *AIP Conference Proceedings* 2020(2018): 1–6.
- Soon, Ng Wei, Lee Min Lee, Tan Chew Khun, and Hii Siew Ling. 2014. “Factors Affecting Improvement in Engineering Properties of Residual Soil through Microbial-Induced Calcite Precipitation.” *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 140(5): 04014006.