

**JURNAL TUGAS AKHIR**

**KARAKTERISTIK KUAT GESER TANAH SEDIMEN YANG DISTABILISASI  
DENGAN BAKTERI BACILLUS SUBTILIS**

***CHARACTERISTIC OF THE SHEAR STRENGTH OF SEDIMENTARY SOIL  
STABILIZED WITH THE BACILLUS SUBTILIS BACTERIA***

**MEGAWATI CAHAYA PUTRI A. TORANO  
D011 18 1701**



**PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2022**

## KARAKTERISTIK KUAT GESER TANAH SEDIMEN YANG DISTABILISASI DENGAN BAKTERI BACILLUS SUBTILIS

**Megawati Cahaya Putri A. Torano**

Mahasiswa S1 Departemen Teknik Sipil

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Jl. Poros Malino Km. 6 Bontomarannu, 92172 Gowa, Sulawesi Selatan

E-mail : [putrimegacahya@gmail.com](mailto:putrimegacahya@gmail.com)

**Dr. Eng. Tri Harianto, S.T., M.T**

Pembimbing I

Fakultas Teknik Universitas

Hasanuddin

Jl. Poros Malino Km. 6, Gowa,

Sulawesi Selatan

[triharianto72@unhas.ac.id](mailto:triharianto72@unhas.ac.id)

**Ir. Ariningsih Suprapti, S.T., M.T**

Pembimbing II

Fakultas Teknik Universitas

Hasanuddin

Jl. Poros Malino Km. 6, Gowa,

Sulawesi Selatan

[ariningsihsuprapti@unhas.ac.id](mailto:ariningsihsuprapti@unhas.ac.id)

**Abstrak.** Tanah sedimen merupakan tanah yang terbentuk dari endapan hasil pelapukan batuan yang diendapkan di lokasi lain oleh proses alam misalnya air, angin, dan lain-lain. Salah satu contoh tanah sedimen dapat ditemukan di lokasi Bendungan Bili-bili, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Tanah sedimen pada lokasi ini ketersediaannya cukup banyak dan belum dimanfaatkan secara umum, sehingga dapat diteliti untuk pemanfaatannya yaitu kestabilan terhadap pengaruh gaya luar terhadap daya dukung tanah sedimen tersebut. Salah satu cara untuk menambah daya dukung tanah seperti tanah sedimen dapat dilakukan dengan cara stabilisasi. Adapun beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik tanah sedimen yang akan digunakan dalam penelitian, untuk mengetahui pengaruh variasi campuran bakteri bacillus subtilis terhadap karakteristik tanah sedimen, untuk mengetahui pengaruh masa pemeraman terhadap peningkatan nilai parameter kuat geser tanah sedimen terstabilisasi bakteri bacillus subtilis.

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisis, tanah asli diklasifikasikan sebagai ML, yaitu lanau dengan plastisitas yang rendah berdasarkan system klasifikasi USCS, dan diklasifikasikan sebagai golongan tanah A-4 yaitu tanah berlanau menurut system klasifikasi AASHTO. Penambahan bakteri Bacillus Subtilis yang di campur menggunakan urea dan CaCl<sub>2</sub> terbukti dapat meningkatkan nilai tegangan geser, kohesi, dan sudut geser dalam tanah. Penambahan bahan stabilisasi bakteri Bacillus Subtilis dengan campuran urea dan CaCl<sub>2</sub> pada tanah sedimen Bendungan Bili-bili disertai dengan masa pemeraman terbukti meningkatkan tegangan geser tertinggi pada persentase penambahan bahan stabilisasi 8% dari 1,25 kg/cm<sup>2</sup>, 1,45 kg/cm<sup>2</sup>, dan 1,77 kg/cm<sup>2</sup> pada pemeraman 0 hari menjadi 1,73 kg/cm<sup>2</sup>, 2,09 kg/cm<sup>2</sup>, dan 2,39 kg/cm<sup>2</sup> pada pemeraman 28 hari, dengan nilai peningkatan geser rata-rata sebanyak 35 persen. Untuk nilai kohesi terus meningkat dari nilai kohesi tanah asli sebesar 0,72 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 1,57 kg/cm<sup>2</sup> pada pemeraman 28 hari, sehingga terjadi peningkatan nilai kohesi sebesar 118 persen. Untuk nilai sudut geser dalam tanah terjadi peningkatan dari nilai sudut geser tanah asli sebesar 22° menjadi 31° pada campuran bakteri 8% dengan masa pemeraman 28 hari sehingga terjadi peningkatan nilai sudut geser sebesar 40 persen.

**Kata kunci:** Tanah, Bendungan Bili-bili, Bakteri, Bacillus Subtilis, Kohesi, Sudut Geser

**Abstract.** Sedimentary soil is soil formed from deposits resulting from weathering of rocks that were deposited in other locations by natural processes such as water, wind, and others. One example of sedimentary soil can be found at the Bili-bili Dam, Gowa Regency, South Sulawesi Province. Sedimentary soil at this location is quite abundant and has not been used in general, so it can be investigated for its use, namely stability against the influence of external forces on the carrying capacity of the sedimentary soil. One way to increase the bearing capacity of the soil such as sedimentary soil can be done by stabilizing it. The objectives to be achieved in this study are to determine the characteristics of the sedimentary soil that will be used in the study, to determine the effect of variations in the mixture of bacillus subtilis bacteria on the characteristics of sedimentary soils, to determine the effect of curing time on increasing the value of the shear strength parameter of stabilized sedimentary soils with bacillus bacteria.

Based on the results of physical properties testing, the original soil was classified as ML, which is silt with low plasticity based on the USCS classification system, and classified as soil group A-4, namely silty soil according to the AASHTO classification system. The addition of Bacillus Subtilis bacteria mixed with urea and CaCl<sub>2</sub> was proven to increase the value of shear stress, cohesion, and shear angle in the soil. The addition of Bacillus Subtilis bacteria stabilizing agent with a mixture of urea and CaCl<sub>2</sub> on the Bili-bili Dam sedimentary soil accompanied by a curing period was proven to increase the highest shear stress at the percentage of adding stabilizing agent 8% from 1.25 kg/cm<sup>2</sup>, 1.45 kg/cm<sup>2</sup>, and 1.77 kg/cm<sup>2</sup> at curing 0 days became 1.73 kg/cm<sup>2</sup>, 2.09 kg/cm<sup>2</sup>, and 2.39 kg/cm<sup>2</sup> at curing 28 days, with an average shear increase of 35 percent. The cohesion value continued to increase from the original soil cohesion value of 0.72 kg/cm<sup>2</sup> to 1.57 kg/cm<sup>2</sup> at 28 days of curing, resulting in an increase in cohesion value of 118 percent. For the value of the shear angle in the soil, there was an increase from the original soil shear angle value of 22° to 31° in a mixture of 8% bacteria with a curing period of 28 days so that there was an increase in the value of the shear angle of 40 percent.

**Keywords:** Soil, Bili-bili Dam, Bacteria, Bacillus Subtilis, Cohesion, Shear Angle

**KARAKTERISTIK KUAT GESER TANAH SEDIMEN YANG DISTABILISASI  
DENGAN BAKTERI BACILLUS SUBTILIS**

*CHARACTERISTIC OF THE SHEAR STRENGTH OF SEDIMENTARY SOIL STABILIZED  
WITH THE BACILLUS SUBTILIS BACTERIA*

*Megawati Cahaya Putri A.Torano, Tri Harianto, Ariningsih Suprapti  
Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Gowa*

**Alamat Korespondensi**

Megawati Cahaya Putri A. Torano

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin, Gowa

HP : (+62) 81369131617

E-mail : [putrimegacahya@gmail.com](mailto:putrimegacahya@gmail.com)

## 1. PENDAHULUAN

Tanah merupakan komponen yang sangat penting dalam dunia konstruksi karena menjadi faktor penentu keberhasilan suatu pembangunan konstruksi, namun ketersediaan tanah untuk konstruksi besar seperti timbunan jalan membutuhkan jumlah tanah yang cukup besar, sedangkan persediaan tanah dengan daya dukung yang baik terkadang terbatas. Salah satu alternatif untuk mengatasi kendala tersebut adalah dengan memanfaatkan tanah buangan (tanah sedimen) untuk dimanfaatkan menjadi tanah timbunan.

Tanah sedimen merupakan tanah yang terbentuk dari endapan hasil pelapukan batuan yang diendapkan di lokasi lain oleh proses alam misalnya air, angin, dan lain-lain. Salah satu contoh tanah sedimen dapat ditemukan di lokasi Bendungan Bili-bili, Kabupaten Gowa, Provinsi Sulawesi Selatan. Tanah sedimen pada lokasi ini ketersediaannya cukup banyak dan belum dimanfaatkan secara umum, sehingga dapat diteliti untuk pemanfaatannya yaitu kestabilan terhadap pengaruh gaya luar terhadap daya dukung tanah sedimen tersebut. Salah satu cara untuk menambah daya dukung tanah seperti tanah sedimen dapat dilakukan dengan cara stabilisasi. Stabilisasi dapat dilaksanakan dengan menambah sesuatu bahan atau komposit tertentu untuk menambah kekuatan pada tanah. Salah satu metode stabilisasi ramah lingkungan adalah dengan menggunakan bakteri, contohnya bakteri *Bacillus subtilis*. *Bacillus* masuk kedalam kelompok bakteri batang dan kokus yang membentuk endospora dengan ciri-ciri mempunyai bentuk sel batang, motil yang memiliki satu flagel, gram positif, bersifat aerobik, membentuk endospore, memiliki habitat pada lingkup tanah, air, lingkungan akuatik, juga pencernaan hewan

(termasuk manusia), beberapa spesies bersifat patogenitas terhadap manusia dan hewan lain (Holt et al, 2000). Beberapa tindakan stabilisasi merupakan ialah menambah kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/ atau tahanan geser, menambah material untuk menyebabkan perubahan kimiawi dan fisis material tanah, menurunkan muka air dan mengganti tanah yang buruk (Bowles, 1993).

Tujuan dari stabilisasi tanah yaitu untuk meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dalam menahan serta meningkatkan stabilitas tanah. Teknik perbaikan tanah memiliki prinsip dasar bahwa kapasitas tanah yang kurang baik (dalam berbagai aspek), dapat diperbaiki melalui peningkatan sifat-sifat (properties) dari pada tanah, sesuai dengan tujuan perbaikan yang diinginkan. Jika yang diinginkan adalah peningkatan daya dukung dan kuat geser tanah, maka beberapa parameter tanah perlu diperbaiki, seperti berat volume tanah ( $\gamma$ ), kohesi tanah ( $c$ ), sudut geser dalam tanah ( $\Phi$ ). Selain itu, prinsip-prinsip dalam konsep pembangunan berkelanjutan (sustainable development), yaitu pembangunan hanya akan dapat berkelanjutan dan sumberdaya alam akan dapat pula dimanfaatkan oleh generasi yang akan lahir di kemudian hari, apabila aspek perlindungan terhadap lingkungan hidup tetap menjadi prioritas dalam setiap tahapan perencanaan, pelaksanaan, dan pengoperasian infrastruktur yang dibangunnya. Salah satu studi perbaikan tanah menggunakan bakteri *Bacillus subtilis* pada tanah lempung menghasilkan peningkatan nilai sudut geser seiring dengan penambahan volume bakteri kedalam sampel tanah (Iffah, 2013). Karakteristik kuat geser tanah dengan metode stabilisasi biogrouting bakteri biogrouting *Bacillus Subtilis*, Angelina Lynda (2013),

penelitian ini menggunakan sampel tanah pasir berlempung dengan bahan stabilisasi bakteri *Bacillus Subtilis*. Penelitian ini mengacu pada hasil stabilisasi optimum dari mikroorganismenya dengan variasi larutan dan waktu pemeraman. Bakteri *Bacillus Subtilis* diinjeksikan pada tanah pasir berlempung dengan variasi larutan 1x, 2x dan 3x injeksi atau 2 cc, 4 cc dan 6 cc. Tanah yang telah diinjeksikan mikroorganismenya diperam selama 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari. Karakteristik mekanis yang ditinjau ialah sudut geser dan nilai kohesi yang berasal dari pengujian geser langsung. Hasil yang didapatkan terjadi peningkatan nilai kohesi sebesar 297% terhadap nilai sampel tanah asli serta terjadi peningkatan nilai sudut geser dalam sebesar 6,86% terhadap nilai sudut geser dalam tanah asli. Untuk itu maka penerapan teknik-teknik perbaikan tanah harus senantiasa dilengkapi dengan pertimbangan kelestarian lingkungan hidup, sehingga tujuan stabilisasi tanah bukan hanya semata-mata terpusat pada pencapaian syarat teknis, namun juga harus memenuhi syarat-syarat keamanan lingkungan hidup (*environment safe*) mencari alternatif metode stabilisasi yang ramah lingkungan, yaitu dengan pemanfaatan mikroorganismenya yang berasal dari mikroba. Pada penelitian terdahulu, yaitu studi karakteristik mekanik tanah organik terstabilisasi bakteri *Bacillus subtilis* dengan waktu pemeraman 7, 21, dan 28 hari menghasilkan nilai parameter kuat geser tanah secara menerus terutama pada pemeraman 28 hari (Imelda, 2013). Sedangkan pada penelitian menggunakan sampel tanah ekspansif yang distabilisasi dengan metode bioremediasi didapatkan nilai kuat tekan tanah mengalami peningkatan sebesar 430 kali (Rio, 2017). Sehingga penelitian ini bermaksud melihat pengaruh bakteri *Bacillus subtilis* sebagai bahan stabilisasi tanah sedimen terhadap kuat geser tanah.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian dan Klasifikasi Tanah

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan (Das, 1995). Tanah adalah himpunan mineral, bahan organik, dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*), yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*). Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca (Hardiyatmo, 2001).

Adapun pengelompokan jenis tanah dalam praktek berdasarkan campuran butir menurut (Santosa, 1996) yaitu :

- a. Tanah berbutir kasar adalah tanah yang besar butir-butir tanahnya berupa pasir dan kerikil.
  - b. Tanah berbutir halus adalah tanah yang sebagian besar butir-butir tanahnya berupa lempung dan lanau.
  - c. Tanah organik adalah tanah yang cukup banyak mengandung bahan-bahan organik.
- #### 2.1.1 Sistem Klasifikasi Berdasarkan Tekstur

Dalam arti umum, yang dimaksud dengan tekstur tanah adalah keadaan permukaan tanah yang bersangkutan.

Tekstur tanah dipengaruhi oleh ukuran tiap-tiap butir yang ada di dalam tanah. Beberapa sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah telah dikembangkan sejak dulu oleh berbagai organisasi guna memenuhi kebutuhan mereka sendiri, beberapa dari system-sistem tersebut masih tetap dipakai sampai saat ini seperti system klasifikasi berdasarkan tekstur tanah yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika (USDA).

Sistem ini didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah seperti yang diterangkan oleh sistem USDA, yaitu:

- a. Pasir : butiran dengan diameter 2,0 sampai dengan 0,05 mm.
- b. Lanau : butiran dengan diameter 0,05 sampai dengan 0,002 mm.
- c. Lempung : butiran dengan diameter lebih kecil dari 0,002 mm.

#### 2.1.2 Sistem Klasifikasi Berdasarkan Pemakaian

Pada saat sekarang ada lagi dua buah sistem klasifikasi tanah yang selalu dipakai oleh para ahli teknik sipil. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butir dan batas-batas Atterberg. Sistem-sistem tersebut adalah Sistem Klasifikasi AASHTO dan Sistem Klasifikasi Unified. (Das, 1995)

### 2.2. Karakteristik Tanah Lanau

Tanah lanau pada umumnya terbentuk dari kristal kuarsa yang pecah seukuran pasir. Terkadang tanah lanau juga disebut debu pada beberapa Pustaka. Endapan yang mengapung di permukaan air maupun tenggelam biasanya dibentuk oleh material tanah lanau. Pemecahan secara alami melibatkan pelapukan batuan dan regolit secara kimiawi maupun pelapukan secara fisik melalui embun beku (frost) haloclasty. Proses utama melibatkan abrasi, baik padat (oleh glesler), cair (pengendapan sungai), maupun oleh angin. (Darwis, 2017)

### 2.3. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah pada prinsipnya adalah untuk perbaikan mutu tanah yang kurang baik. Apabila suatu tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau mudah tertekan, atau apabila ia mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasikan. Stabilisasi dapat terdiri dari salah satu tindakan berikut :

- a. Meningkatkan kerapatan tanah.
- b. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan tahanan gesek yang timbul.
- c. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisis pada tanah.
- d. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah).
- e. Mengganti tanah yang buruk (Bowles, 1986).

### 2.4. Bakteri *Bacillus Subtilis*

*Bacillus subtilis* adalah bakteri gram-positif yang berbentuk batang dan kalatase-positif. Pada awalnya bakteri ini dinamai *Vibri subtilis* oleh Christian Gottfried Ehrenberg dan nama bakteri ini diubah oleh Ferdinand Cohn menjadi *Bacillus subtilis* pada tahun 1872 (*subtilis* adalah bahasa Latin yang berarti 'baik'). Sel *Bacillus subtilis* biasanya berbentuk batang, dengan panjang sekitar 4-10 mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) dan berdiameter 0,25-1,0  $\mu\text{m}$ . Bakteri lain dari genus *Bacillus* yaitu *Bacillus subtilis* ini dapat membentuk endospora, guna bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang sekalipun dari suhu dan pengeringan. (Bergeys, 2001)

### 2.5. Geser Langsung (Direct Shear)

Paramater kuat geser tanah diperlukan untuk menganalisis daya dukung tanah,

stabilisasi lereng dan tegangan dorong untuk dinding penahan tanah. Kuat geser tanah merupakan gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Atas dasar pengertian tersebut, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh kohesi dan gesekan tanah (Hardiyatmo, 2010).

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Proses pembuatan benda uji, pengujian sifat fisis dan mekanis tanah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Hasanuddin di Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Waktu penelitian mengacu pada standar durasi yang telah ditetapkan berdasarkan standar pengujian yang berlaku.

#### 3.2. Metode Pengumpulan Data

Pengambilan data dilakukan terhadap tanah yang digunakan pada penelitian untuk pembuatan benda uji, yaitu dengan tahap pemilihan tanah terlebih dahulu, dan kemudian diidentifikasi secara visual serta faktor ketersediannya di alam, selanjutnya dengan mengidentifikasi karakteristik tanah tersebut untuk memastikan kesesuaiannya dengan bahan stabilisasi yang akan digunakan dengan komposisi mengacu tujuan penelitian yang ingin dicapai.

#### 3.3 Material

Berikut adalah material yang digunakan pada penelitian kali ini :

##### 3.3.1. Tanah Asli

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini, seperti pada gambar 1, yakni tanah sedimen yang berlokasi di Bendungan Bili-Bili, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan. Warna tanah yaitu abu-abu dan berbutir halus.



Gambar 1. Tanah Sedimen Bendungan Bili-bili

##### 3.3.2. Bakteri Bacillus Subtilis

Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini merupakan bakteri Bacillus Subtilis yang dikembangbiakkan sendiri dengan uji kultur pertumbuhan bakteri untuk mengetahui sifat pertumbuhan suatu jenis bakteri melalui kurva pertumbuhan yang ditandai dengan kekeruhan pada media cair dengan bantuan alat penggoyang (shaker) dan incubator yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Bakteri Bacillus Subtilis

#### 3.4 Standar Pengujian

Nilai-nilai karakteristik dasar material yang digunakan pada penelitian ini diuji berdasarkan acuan pada standar-standar yang dikeluarkan oleh ASTM, seperti yang ditunjukkan pada tabel 1, berikut :



Tabel 1. Standar Pengujian

Jenis Pengujian	Standar Pengujian
Kadar Air	D2216 - 98
Berat Jenis	D854 - 14
Batas-batas Atterberg	D4318-05, D4943-08
Analisa Saringan dan Hidrometer	D422 - 63
Kompaksi	D698 - 07
Geser Langsung	D3080

### 3.5 Pengujian Sampel

Pengujian sampel terbagi menjadi 2 jenis pengujian, yaitu pengujian sifat fisis dan sifat mekanis tanah dengan bahan stabilisasi Bakteri *Bacillus Subtilis*.

#### 3.5.1. Uji Sifat Fisis

Uji sifat fisis pada tanah bertujuan untuk menentukan index properties yang diperlukan dalam klasifikasi dan penentuan bahan stabilisasi serta komposisi bahan stabilisasi dan pengaruhnya terhadap tanah yang digunakan. Pada penelitian kali ini uji sifat fisis yang dilakukan pada tanah asli yaitu pengujian kadar air, berat jenis, analisa saringan dan hydrometer, dan batas-batas Atterberg.

#### 3.5.2 Uji Sifat Mekanis

Pengujian sifat mekanis tanah bertujuan untuk mengetahui perilaku tanah atau ketahanan suatu tanah yang telah diberi bahan stabilisasi terhadap tekanan atau beban yang diberikan, uji sifat mekanis tanah merupakan parameter yang dapat dilihat untuk mengetahui daya dukung tanah. Uji sifat mekanis yang dilakukan pada penelitian kali ini adalah pengujian kompaksi dan geser langsung (Direct Shear).

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Karakteristik Sifat Fisis dan Mekanis Tanah Asli

Pengujian karakteristik fisis dan mekanis tanah yang digunakan diperlukan untuk mengetahui klasifikasi jenis tanah yang digunakan pada penelitian, Adapun berdasarkan pengujian yang dilakukan di laboratorium diperoleh data sebagai berikut :

#### 4.1.1. Karakteristik Sifat Fisis Tanah

##### a. Kadar Air

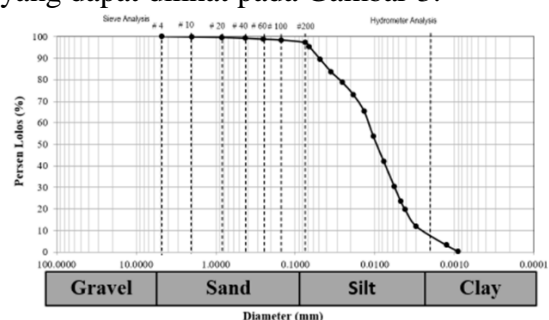
Berdasarkan hasil pemeriksaan nilai kadar air tanah, didapatkan nilai kadar air untuk tanah asli yang digunakan pada penelitian yaitu sebesar 14,6%.

##### b. Berat Jenis

Berdasarkan hasil pengujian berat jenis tanah asli, didapatkan nilai berat jenis untuk tanah sedimen Bendungan Bili-bili yaitu sebesar 2,66. Sehingga berdasarkan tabel spesifikasi pembagian berat jenis berdasarkan jenis tanah, maka sampel tanah tersebut tergolong sebagai Lanau Anorganik, dengan spesifikasi nilai berat jenis berada pada rentang 2,62-2,68.

##### c. Analisa Saringan dan Hidrometer

Pemeriksaan persentase butir tanah dapat dilakukan dengan pengujian Analisa saringan dan hydrometer. Hasil dari pengujian ini dapat menampilkan klasifikasi tanah yang digunakan. Dari hasil pengujian didapatkan persentase butir tanah untuk Kerikil sebesar 0,20%, Pasir 2,60%, Lanau 94%, dan Lempung 3,20%. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa tanah yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tanah lanau. Berikut grafik hasil pengujian Analisa saringan dan hydrometer yang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik persentase ukuran butir tanah asli

d. Batas-batas Atterberg

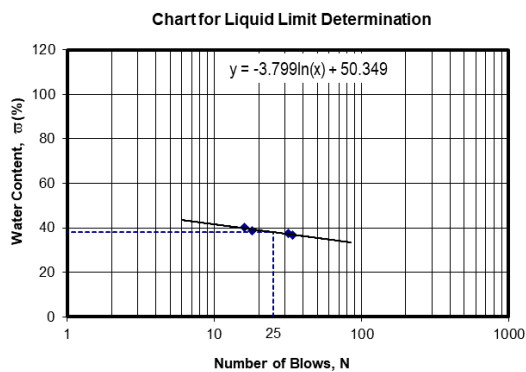
Pengujian batas-batas Atterberg dilakukan untuk mengetahui sifat tanah terhadap perubahan kadar air yang diberikan. Pengujian ini meliputi pengujian Batas Cair, Batas Plastis, dan Batas Susut. Dari hasil pengujian didapatkan hasil sebagai berikut :

1. Nilai Batas Plastis

Batas plastis merupakan kadar air terendah dimana tanah mulai bersifat plastis. Nilai batas plastis yang didapatkan yaitu sebesar 28,8%.

2. Nilai Batas Cair

Batas cair merupakan kadar air tertentu dimana terjadi perubahan perilaku tanah yang berubah dari keadaan plastis ke keadaan cair. Nilai batas cair yang diperoleh dari hasil pengujian adalah 38,1%. Adapun grafik hasil pengujian batas cair dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini :



Gambar 4. Grafik hasil pengujian batas cair tanah asli

3. Nilai Batas Susut

Batas susut adalah batas kadar air dimana tanah dengan kadar air dibawah dari nilai kadar air yang diperoleh tidak menyebabkan terjadinya perubahan volume (susut) lagi pada tanah. Nilai batas susut yang didapatkan yaitu sebesar 8,6%.

4. Nilai indeks plastisitas

Indeks plastisitas merupakan nilai selisih antara batas cair dan batas plastis. Dari hasil pengujian didapatkan nilai indeks plastisitas yaitu sebesar 9,3%.

4.1.2. Klasifikasi Tanah Asli

Dari hasil pengujian sifat fisis tanah asli yang digunakan dalam penelitian, maka berikut hasil penggolongan tanah sedimen Bendungan Bili-bili Kabupaten Gowa :

a. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

Dari hasil pengujian Analisa saringan dan hydrometer serta batas-batas Atterberg, diperoleh persentase butir tanah asli lolos saringan No.200 yaitu sebesar 97,2%. Nilai batas cair sebesar 38,1%, dan indeks plastisitas sebesar 9,3%.

Dari nilai-nilai yang telah didapatkan, maka dapat ditentukan tipe tanah berdasarkan penggolongan sistem AASHTO. Penentuan tipe tanah yang dimaksud dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini :

Tabel 2. Klasifikasi tanah untuk lapisan tanah dasar jalan raya (Sistem Klasifikasi AASHTO)

Klasifikasi Tanah	Lolos Saringan No.200	Batas Cair*	Indeks PLastisitas	Tipe Material	Penilaian sebagai tanah dasar
A-4	Min. 36	Maks. 40	Maks. 10	Tanah Berlanau	Biasa sampai Buruk
A-5	Min. 36	Min. 41	Maks. 10	Tanah Berlanau	Biasa sampai Buruk
A-6	Min. 36	Maks 40.	Min. 11	Tanah Berlempung	Biasa sampai Buruk
A-7-5	Min. 36	Min. 41	Min.11 Dan PL≤LL-30	Tanah Berlempung	Biasa sampai Buruk
A-7-6	Min. 36	Min. 41	Min.11 Dan PL>LL-30	Tanah Berlempung	Biasa sampai Buruk

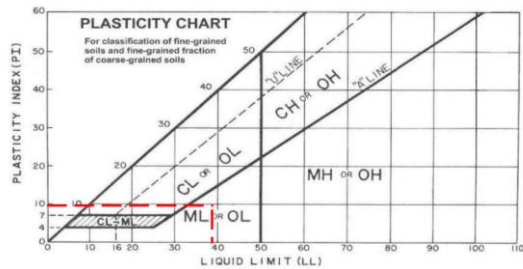
Berdasarkan tabel diatas, dengan mengacu pada data yang diperoleh, maka tanah asli termasuk dalam golongan A-4, yaitu tanah tergolong tanah berlanau.

b. Unified Soil Classification System (USCS)

Dengan menghubungkan nilai batas plastis maupun nilai indeks plastisitas, maka didapatkan tipe tanah yang diuji

termasuk golongan ML (Milt with low plasticity) yang artinya tanah lanau dengan plastisitas rendah.

Sehingga didapatkan hubungan yang menunjukkan nilai batas cair dan indeks plastisitas tanah untuk menentukan penggolongan jenis tanah. Hubungan yang menunjukkan nilai tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.



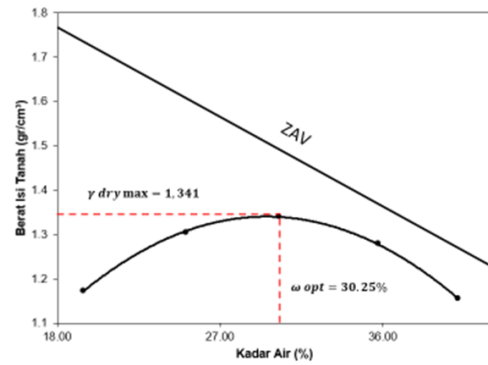
Gambar 5. Penggolongan Klasifikasi Tanah Asli menurut Sistem USCS

#### 4.1.3. Karakteristik Sifat Mekanis Tanah

##### a. Kompaksi (Uji Pematatan)

Pengujian kompaksi merupakan pengujian untuk mendapatkan nilai kepadatan tanah maksimum dengan energi standar sehingga dapat diketahui nilai berat isi kering maksimum dan kadar air optimum dari sampel penelitian.

Pada pengujian ini, dilakukan kompaksi dengan metode kepadatan standar (standard proctor compaction), yaitu dengan cara memasukkan tanah kedalam cetakan (mould) dan dipadatkan menggunakan alat pematat standar. Pematatan dilakukan sebanyak 25 kali tumbukan pada tiap 3 lapisan tanah. Berikut merupakan grafik hubungan antara kadar air dengan berat isi tanah kering pada sampel tanah asli yang dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini :



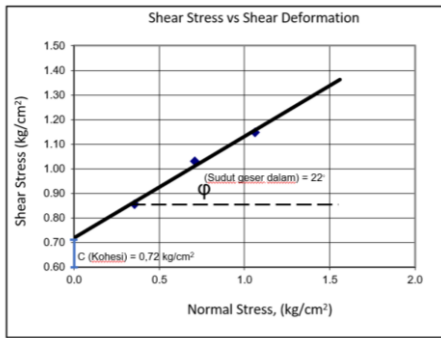
Gambar 6. Grafik hubungan kadar air dengan berat isi kering hasil kompaksi pada tanah asli

Berdasarkan hasil pengujian kompaksi, diperoleh nilai berat isi kering maksimum yaitu sebesar 1,34 gr/cm<sup>3</sup> yang dicapai pada kadar air optimum sebesar 30,25%. Tujuan dari pengujian kompaksi adalah untuk meningkatkan berat volume tanah, yang berarti meningkatkan kekuatan tanah dalam mendukung beban di atasnya, meningkatkan stabilitas pada lereng, dan mengurangi pemampatan tanah.

##### b. Geser Langsung (Direct Shear)

Pengujian geser langsung dilakukan untuk mengetahui nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah sebagai parameter daya dukung tanah. Pengujian dilakukan dengan 3 kali percobaan pembebanan, yaitu sebesar 10, 20, dan 40 kg. Dari hasil pengujian didapatkan nilai kohesi pada tanah asli sebesar 0,72 kg/cm<sup>2</sup> dan sudut geser dalam tanah sebesar 22°.

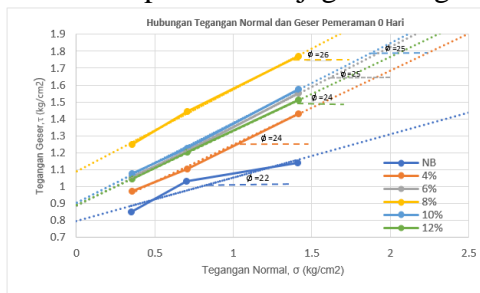
Adapun berikut grafik hubungan tegangan geser dan deformasi sehingga mendapatkan nilai sudut geser dalam yang dapat dilihat pada Gambar 12 dibawah ini :



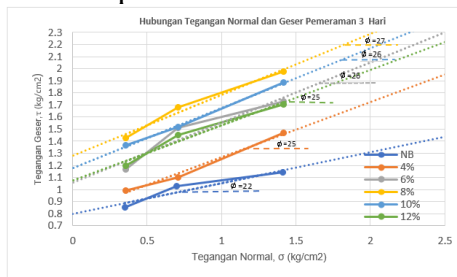
Gambar 7. Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser

#### 4.2. Karakteristik Hasil Pengujian Geser Langsung terhadap Penambahan Kultur Murni Mikroba (Bakteri Bacillus Subtilis) pada Tanah Sedimen.

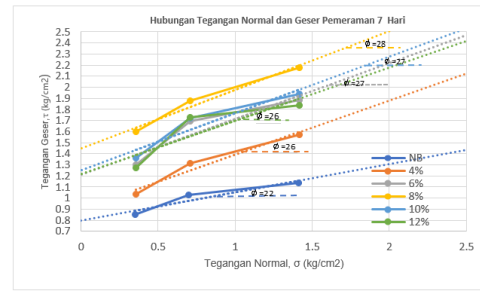
Pencampuran dilakukan terhadap tanah asli yaitu tanah sedimen Bendungan Bili-bili Kabupaten Gowa dengan Kultur Murni Mikroba (Bakteri Bacillus Subtilis), penambahan bakteri pada tanah dilakukan sebagai metode stabilisasi ramah lingkungan, dan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap perubahan nilai daya dukung tanah, dalam hal ini yaitu perubahan nilai kohesi dan sudut geser tanah melalui percobaan uji geser langsung.



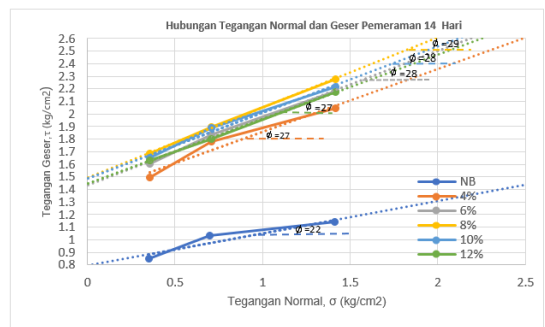
Gambar 8. Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser masa pemeraman 0 hari



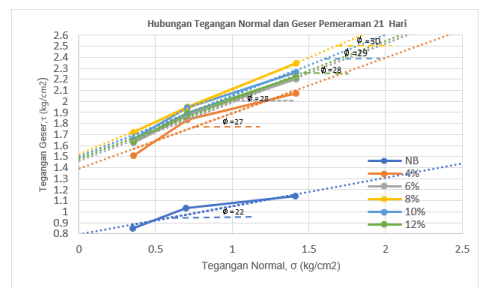
Gambar 9. Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser masa pemeraman 3 hari



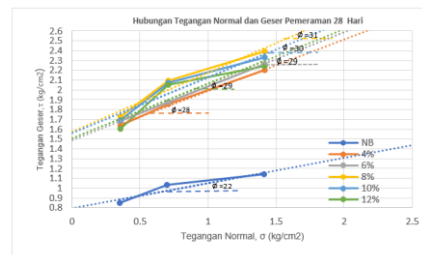
Gambar 10. Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser masa pemeraman 7 hari



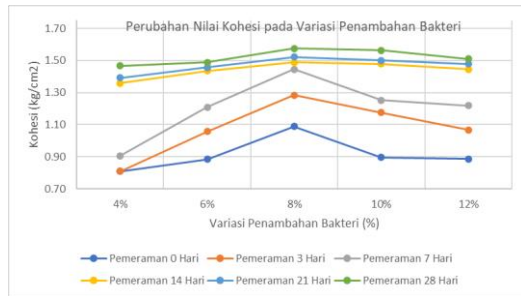
Gambar 11. Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser masa pemeraman 14 hari



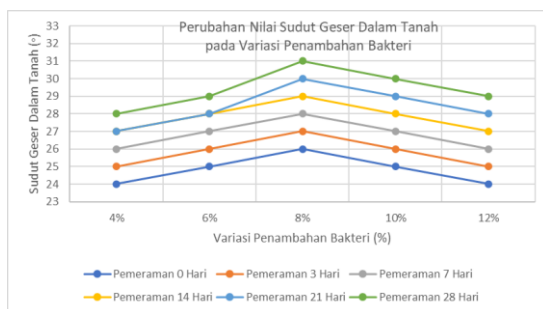
Gambar 12. Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser masa pemeraman 21 hari



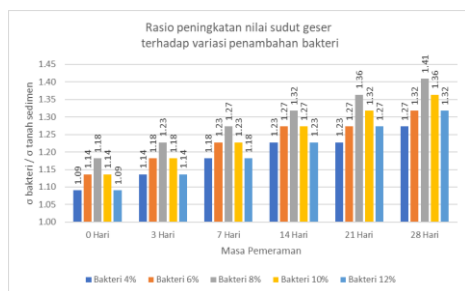
Gambar 13. Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser masa pemeraman 28 hari



Gambar 14. Grafik Perubahan nilai kohesi pada variasi penambahan bakteri tiap masa pemeraman



Gambar 15. Grafik Perubahan nilai sudut geser dalam tanah pada variasi penambahan bakteri tiap masa pemeraman



Gambar 16. Diagram rasio peningkatan nilai sudut geser penambahan bakteri terhadap sudut geser tanah sedimen

Pada masa pemeraman, bakteri masih melakukan penyesuaian diri dengan lingkungannya yang baru. Berbagai macam enzim maupun zat-zat perantara yang terbentuk pada fase ini sehingga memungkinkan akan terjadinya pertumbuhan lebih lanjut. Selanjutnya beberapa sel bakteri mulai membesar dan sebagiannya lagi telah melakukan

pembelahan diri, tetapi waktu generasinya masih panjang. fase ini sering disebut fase adaptasi.

Prinsip kerja metode Biosementasi pada dasarnya memanfaatkan bakteri untuk meningkatkan pH lingkungan sehingga memfasilitasi pengendapan  $\text{CaCO}_3$ . Enzim urease yang dihasilkan bakteri akan mengubah urea dan menghasilkan  $\text{NH}_4^+$ .

Sehingga terjadi proses sementasi pada campuran tanah dan bakteri. Dari hasil pengujian, terlihat bahwa nilai kohesi tanah sedimen tercampur bakteri dengan masa pemeraman hingga mencapai 28 hari, kenaikan nilai kohesi tertinggi mencapai  $1,57 \text{ kg/cm}^2$  pada penambahan bakteri 8% dengan masa pemeraman 28 hari dimana pada masa pemeraman 0 hari nilai kohesi campuran tanah dengan bakteri 8% adalah  $1,09 \text{ kg/cm}^2$  dan tanpa penambahan bakteri (kohesi tanah asli) yaitu  $0,72 \text{ kg/cm}^2$ . Begitupun dengan nilai sudut geser yang mengalami kecenderungan peningkatan nilai sudut geser akibat penambahan bakteri pada tiap masa pemeraman. Nilai sudut geser tertinggi yang didapatkan pada tiap variasi campuran bakteri yaitu sebesar 31 derajat dari nilai sudut geser dalam sebesar 26 derajat pada masa pemeraman 0 hari dan sudut geser tanah asli sebelumnya yaitu 22 derajat. Kohesi maupun sudut geser dalam tanah merupakan parameter daya dukung tanah, dimana semakin besar atau meningkat nilai kohesi dan sudut geser, maka kemampuan tanah dalam menahan beban vertikal maupun horisontal juga akan semakin meningkat. Pencampuran bakteri bacillus subtilis terbukti meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan geser dikarenakan terjadi peningkatan oleh parameter-parameter kuat geser tanah.

## 5. KESIMPULAN

Berikut kesimpulan dan saran yang diperoleh dari hasil penelitian ini :

### 5.1 Kesimpulan

a. Berdasarkan hasil pengujian sifat fisis, tanah sedimen Bendungan Bili-bili diklasifikasikan sebagai ML, yaitu lanau dengan plastisitas yang rendah berdasarkan system klasifikasi USCS, dan diklasifikasikan sebagai golongan tanah A-4 yaitu tanah berlanau menurut system klasifikasi AASHTO.

b. Penambahan bakteri *Bacillus Subtilis* yang di campur menggunakan urea dan  $\text{CaCl}_2$  terbukti dapat meningkatkan nilai tegangan geser, kohesi, dan sudut geser dalam tanah.

c. Dari hasil pengujian, waktu pemeraman 0, 3, 7, 14, 21 dan 28 hari meningkatkan nilai tegangan geser, kohesi, dan sudut geser dalam tanah. Dalam hal ini nilai maksimum yang berhasil dicapai pada waktu pemeraman 28 hari dengan penambahan bakteri 8%. Untuk nilai tegangan geser meningkat sebesar 35%. Untuk nilai kohesi terjadi peningkatan sebesar 118%. Untuk nilai sudut geser dalam tanah terjadi peningkatan dari nilai sudut geser tanah asli sebesar  $22^\circ$  menjadi  $31^\circ$  sehingga terjadi peningkatan sebesar 40%.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Bergey, D.H. dan Boone, D.R. 2009. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Second Edition. Volume Three: The Firmicutes. Springer. United States of America.

Bowles, J.E. (1993), Alih Bahasa Ir.Johan Kelana Putra Edisi Kedua, Sifat-Sifat

Fisis Dan Geoteknis Tanah, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Darwis, H. (2017). *Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah*. Yogyakarta : Pustaka AQ.

Das, B. M. (1995). *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid I*. Jakarta : Erlangga.

Hardiyatmo, H. C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

Hardiyatmo Christady. (1992). *Prinsip-prinsip Mekanika Tanah dan Soal Penyelesaian*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada

Hardiyatmo Christady. (2001). *Prinsip-prinsip Mekanika Tanah dan Soal Penyelesaian*. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada

Hardiyatmo, H.C., (2012). *Mekanika Tanah II*. Edisi Kelima, Penerbit Gadjah Mada University Press, Yogyakarta

Hendarsin, Shirley. (2000). *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Bandung : Politeknik Negeri Bandung.

Holt, John G., N.R. Krieg, P.H.A. Sneath, J.T. Staley dan S.T. Williams. 2000. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Ninth Edition. Williams & Wilkins. Philadelphia.

Iffah Fadliah (2013). *Studi Eksperimental Stabilisasi Biogrouting *Bacillus Subtilis* pada Tanah Lempung Kepasiran*. Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Imelda Vera Tumanan (2014). *Studi Karakteristik Mekanik Tanah*

Organik Terstabilisasi Bakteri Bacillus Subtilis. Jurnal Tugas Akhir. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Ingles, & Metcal. (1972). Soil Stabilization, Principles and Practice. USA : USA.

Lynda, Angelina (2013), Karakteristik Kuat Geser Tanah Dengan Metode Stabilisasi Biogrouting Bakteribacillus Subtilis, Fakultas

Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Muntohar, A. S. (2009). Mekanika Tanah. Yogyakarta: LP3M UMY

Rio Alvin Arfandy (2017). Stabilisasi Tanah Ekspansif dengan Metode Bioremediasi. Jurnal Tugas Akhir. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Santosa,B.dkk. (1996). Seri Diktat Kuliah : Dasar Mekanika Tanah. Gunadarma.