

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring Harga tanah yang diperlukan untuk mendirikan bangunan semakin mahal seiring dengan kemajuan pembangunan. Untuk mencegah hal ini terjadi, dicari cara untuk membuat tanah yang kurang memenuhi persyaratan untuk mendirikan bangunan.

Tanah yang memegang peran penting sebagai fondasi, atau struktur dasar, yang menopang semua beban bangunan yang akan diletakkan di atasnya atau di lokasi konstruksi. Lokasi konstruksi membutuhkan perhitungan yang cermat jika akan mendirikan sebuah rumah jika tidak akan rentan runtuh bila tanah yang digunakan untuk membangunnya tidak dapat menopang beban yang akan diletakkan di atasnya. Seperti halnya tanah liat tidak cocok untuk bangunan karena penyusutannya yang tinggi dan daya dukungnya yang rendah. Karena tanah liat memiliki daya dukung yang rendah, fondasi yang dibangun di atasnya mungkin tidak stabil.

Sehingga demi memenuhi persyaratan teknis tertentu, perbaikan sifat tanah harus dilakukan sebelum pembangunan dimulai. Agar memenuhi kriteria teknis tertentu, stabilisasi tanah dapat dipahami sebagai upaya untuk meningkatkan karakteristik teknis tanah, seperti daya dukungnya, kompresibilitasnya, permeabilitasnya, kemudahan pengerjaannya, potensi ekspansi, dan kepekaannya terhadap perubahan kadar air. (Hardiyatmo, 2010).

Perbaikan tanah dapat dilakukan dengan cara mekanis atau kimiawi. Metode mekanis memperbaiki tanah dengan menambahkan tiang pancang, pemadatan, dll., untuk mencegah massa tanah berubah. Metode kimia memperbaiki tanah dengan menambahkan bahan kimia yang memiliki sifat tertentu yang dapat meningkatkan massa tanah.

Mengacu pada latar belakang diatas kami tertarik melakukan penelitian dengan mencari alternatif metode stabilisasi yang ramah lingkungan dengan menggunakan bakteri yang dapat menghasilkan kalsit/kristal kalsium karbonat yang dapat merubah perilaku butiran material tanah.

1.1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan penelitian yang akan diambil sebagai berikut ;

1. Bagaimana karakteristik fisik dan mekanis tanah lempung ?
2. Berapa komposisi optimum larutan Bakteri *Bacillus subtilis* untuk stabilisasi tanah lempung ?
3. Bagaimana pengaruh variasi kedalaman kolom tanah stabilisasi bakteri *Bacillus subtilis* terhadap beban aksial ?

1.1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang akan dicapai pada penelitian ini sebagai berikut;

1. Mengetahui karakteristik fisik dan mekanis tanah lempung.

2. Menentukan komposisi optimum larutan Bakteri *Bacillus subtilis* untuk stabilisasi tanah lempung.
3. Mengetahui pengaruh kedalaman kolom tanah stabilisasi bakteri *bacillus subtilis* terhadap beban aksial

1.1.3 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi tentang sifat fisik dan mekanis tanah lempung dengan stabilisasi bakteri *Bacillus subtilis*.
2. Memberikan informasi pengaruh kedalaman kolom tanah stabilisasi bakteri *bacillus subtilis* terhadap beban aksial.

1.1.4 Batasan Masalah

Terdapat batasan-batasan yang diterapkan pada masalah ini guna menjamin bahwa penelitian yang melibatkan pengujian stabilisasi tanah dengan bakteri ini dapat berjalan secara efisien dan mencapai tujuan yang diinginkan. Pengujian laboratorium merupakan bagian dari penelitian ini. Dengan uraian sebagai berikut:

1. Tanah Lempung adalah material tanah yang digunakan pada penelitian ini.
2. Bakteri *Bacillus subtilis* dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin berperan sebagai Bahan Stabilisasi pada penelitian ini.
3. Pengujian karakteristik sifat-sifat fisik tanah meliputi:
 - a. Pengujian gradasi
 - b. Pengujian batas-batas atterberg
 - c. Pengujian Berat Jenis
 - d. Uji Kadar Air
4. Pengujian Mekanis yang dilakukan adalah uji Kompaksi, UCT (*Unconfined Compression Strength*) dan Geser Langsung
5. Uji Model yang dilakukan adalah model uji pada skala laboratorium

1.2 Tinjauan Penelitian

1.2.1 Tanah Lempung

Pelapukan komponen kimia yang membentuk batuan menghasilkan tanah liat yang berdimensi mikrokonis hingga submikrokonis tanah tersebut disebut tanah lempung (Terzaghi et al., 1987). Ketika kering, tanah lempung menjadi sangat keras dan sulit dihilangkan dengan jari. Karena permeabilitasnya yang sangat rendah, tanah lempung menjadi lengket (kohesif) dan sangat lunak dengan meningkatnya kadar air. Pada kadar air sedang, lempung menjadi plastis, yang dikenal sebagai "gumbo".

Menurut (Hardiyatmo, 2010), Ukuran partikel halus $<0,002$ mm, permeabilitas rendah, kohesivitas tinggi, laju penyusutan cepat, dan proses konsolidasi lama merupakan karakteristik tanah lempung. Karakteristik dan perilaku lempung dapat diamati dari komposisi mineral, komponen kimia, dan partikel, serta pengaruhnya terhadap lingkungan sekitar, karena mineralogi sangat penting dalam mengatur ukuran, bentuk, dan karakteristik fisik dan kimia partikel tanah. Memahami mineral dan susunan kimia lempung sangat penting untuk memahami karakteristik dan perilakunya.

Tanah lempung memiliki sifat lunak saat basah dan keras saat kering. Pengaruh air menyebabkan tanah tersebut mengembang dan menyusut dengan cepat. Jenis tanah lempung lunak juga memiliki indeks plastisitas tinggi, kompresibilitas tinggi, daya dukung rendah, kuat geser sedang, dan kadar air relatif tinggi. Terdapat istilah yang harus dipelajari untuk membedakan tanah lempung;

- a) Frasa "ukuran lempung" lebih mengacu pada komposisi ukuran partikel, yang biasanya kurang dari $2\ \mu\text{m}$.
- b) Komposisi ukuran mineral memiliki pengaruh yang lebih besar pada penggunaan istilah "mineral lempung." Meskipun biasanya lebih kecil dari $2\ \mu\text{m}$, ukuran mineral ini dapat bervariasi dari kurang dari $2\ \mu\text{m}$ hingga lebih dari $2\ \mu\text{m}$.

(Hardiyatmo, 2010) sifat-sifat dari tanah lempung yang harus diketahui yaitu;

- a) Bersifat sangat kohesif,
- b) Proses konsolidasi lambat
- c) Ukuran butir halus, kurang dari $0,002$ mm,
- d) Permeabilitas rendah,
- e) Kadar kembang susut yang tinggi,
- f) Naiknya air kapiler tinggi.

(Hardiyatmo, 2010) juga negara Ada banyak mineral yang termasuk dalam kategori mineral lempung; secara umum, ada lima belas jenis mineral yang berbeda. Tiga unsur penting termasuk di dalamnya: kaolinit, ilit, dan montmorillonit. Pengelompokan lainnya meliputi, misalnya, halloysit, vermikulit, dan klorit.

1.2.2 Stabilisasi Tanah Lempung

Dalam teknik sipil, stabilisasi mengacu pada proses penambahan material atau komposit tertentu ke tanah untuk meningkatkan kekuatannya. Meningkatkan stabilitas tanah dan daya dukung untuk menahan beban merupakan tujuan stabilisasi tanah. Tiga komponen utama stabilitas tanah biasanya adalah stabilisasi mekanis, kimia, dan fisik. Untuk meningkatkan kekompakan dan kekuatan geser, stabilisasi fisik memerlukan penggabungan tanah berkualitas rendah dengan tanah berkualitas tinggi. Untuk memperkuat dan meningkatkan daya dukung tanah, stabilisasi mekanis memerlukan pemadatan tanah. Meskipun demikian, bahan kimia yang digunakan dalam stabilisasi

kimia, yang biasanya disatukan oleh butiran, dapat mengurangi karakteristik tanah yang tidak diinginkan.

Memodifikasi interaksi air-tanah untuk mendukung reaksi permukaan merupakan salah satu tujuan menstabilkan tanah dengan bahan tambahan. Akibatnya, area penyerapan air dan aktivitas permukaan partikel tanah sangat penting. Untuk mencapai keseimbangan daya tarik antarbutir, partikel juga harus dimasukkan secara luas. Pendekatan perbaikan tanah ini sangat bergantung pada waktu pengeringan karena melibatkan aktivitas kimia. Butuh waktu bagi bahan kimia tambahan untuk bereaksi.

1.2.3 Bakteri *Bacillus Subtilis*

Bacillus subtilis adalah bakteri berbentuk batang yang berukuran 0,5–2,5 x 1,2–10 mikron. Bakteri ini dikelompokkan dalam pasangan atau rantai, dan dalam keadaan ideal, seluruh permukaan selnya ditutupi silika, yang memungkinkannya menghasilkan spora. Bakteri ini dapat tumbuh subur pada suhu antara 25 dan 75 derajat Celsius. Bakteri ini dapat ditemukan di udara, air, tanah, bulu hewan, dan bangkai; kisaran pH idealnya adalah 5,5 hingga 8,5. *Bacillus* dapat menghasilkan 19 enzim hidrolitik yang memecah lipid, polisakarida, dan asam nukleat sehingga organisme dapat menggunakannya sebagai sumber karbon dan elektron (Brock et al., 1994).

Enzim protease, lipase, amilase, dan selulosa juga terdapat pada bakteri *Bacillus*. Diameter rata-rata bakteri adalah 1,25 mikrometer (μm), yang menjadikannya organisme yang sangat kecil. Mikrometer adalah 1/1000000 meter. *Dialister pneumosintes* adalah bakteri terkecil, berukuran antara 0,15 dan 0,30 μm panjangnya. Bakteri bersifat mikroskopis, yang berarti mikroskop dapat melihatnya. Di lingkungan yang lembap, bakteri bergerak aktif. Bakteri menjadi tidak aktif dan berpotensi fatal jika kekurangan air.

1.2.4 Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah adalah kemampuannya untuk menopang berat atau tekanan bangunan di tanah tanpa mengalami penurunan atau kegagalan geser yang parah. Daya dukung tanah merupakan pertimbangan utama saat merancang pondasi dan struktur di atasnya. Daya dukung yang dapat menopang berat struktur dan memungkinkan penurunan pondasi sambil tetap berada dalam batas toleransi dikenal sebagai daya dukung yang diharapkan untuk mendukung pondasi. Di sisi lain, daya dukung yang aman terhadap keruntuhan tidak menjamin bahwa pondasi akan turun di bawah jumlah yang diizinkan. Karena bangunan biasanya rentan terhadap penurunan yang berlebihan, analisis penurunan harus dilakukan. Beban tertinggi per satuan luas di mana tanah dapat menopang beban di atasnya tanpa runtuh dikenal sebagai daya dukung ultimit tanah (q_u).

$$q_u = \frac{p_u}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana ;

q_u = Kapasitas dukung ultimit (kN/m^2)

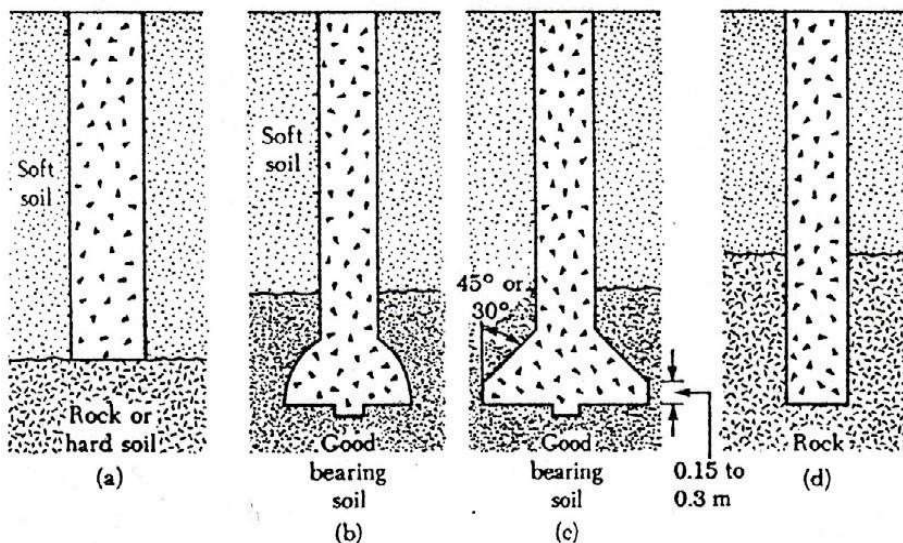
p_u = Beban ultimit (kN)

A = Luas beban (m^2)

1.2.5 Pondasi Bored Pile

Pengeboran tanah merupakan langkah awal dalam proses pemasangan tiang bor di dalam tanah. Setelah bumi dibor, tulangan ditambahkan, dan kemudian beton dituangkan. Karena lebih mudah mengebor lubang stabil di tanah yang agak tebal dan padat, Bored pile ini biasanya digunakan di medan yang memenuhi persyaratan ini. Penting untuk menggunakan pipa besi untuk menopang dinding lubang jika tanahnya mengandung air; pipa ini kemudian diangkut ke atas saat beton dituangkan. Jika tanahnya kering, tidak perlu menggunakan pipa besi. Untuk memperkuat ujung tiang pancang, pondasi tiang pancang dapat dipasang pada tanah lunak atau tanah padat. Ada berbagai jenis pondasi bored pile yaitu:

- Bored pile lurus untuk tanah berbatu-batuan
- Bored pile yang ujungnya diperbesar berbentuk trapesium
- Bored pile yang ujungnya diperbesar berbentuk bel;
- Bored pile lurus untuk tanah keras;



Gambar 1. Jenis-jenis Bored pile

Ada beberapa alasan digunakannya pondasi bored pile dalam konstruksi :

- Bored pile tunggal dapat diaplikasikan pada bagian atas tumpukan atau tumpukan kelompok.
- Ketinggian tiang dapat diatur sesuai kebutuhan.

- c. Dimungkinkan untuk membangun tiang bor sebelum menyelesaikan langkah selanjutnya.
- d. Saat kegiatan pemancangan dilakukan, getaran di dalam tanah dapat dicegah agar tidak merusak struktur yang berada di dekatnya dengan memanfaatkan pondasi tiang bor.
- e. Pada pondasi Bored pile, proses Bored pile ke dalam tanah lempung akan menyebabkan tanah bergelombang dan Bored pile sebelumnya bergeser kesamping. Hal ini tidak terjadi selama pembangunan pondasi tiang bor.
- f. Tidak ada suara bising yang dihasilkan oleh alat pengeboran ketika pondasi tiang bor sedang dipasang.
- g. Pondasi tiang bor memberikan ketahanan yang unggul terhadap tekanan ke atas karena dasarnya dapat dikembangkan.
- h. Permukaan di atas tempat pondasi tiang bor dapat langsung diamati
- i. Pondasi tiang bor tahan terhadap beban lateral.

1.2.6 Penelitian Terdahulu

Karya ini terkait dengan sejumlah penelitian sebelumnya. Banyak penelitian memiliki tujuan yang sama, tetapi juga berbeda dalam sejumlah hal, termasuk strategi implementasi, objek penelitian, dan varians persentase material. Berikut ini adalah beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini :

Tabel 1. Penelitian terdahulu yang dipublikasikan terkait dengan topik penelitian

No	Nama Penulis/ Peneliti dan Tahun	Judul dan sumber	Pokok Persoalan/Hasil Penelitian
1	Arif Luqman Hakim, Suroso, Yulvi Zaika (2015)	Pengaruh Variasi Jarak dan Panjang Kolom Stabilisasi Tanah Ekspansif di Bojonegoro dengan Metode Deep Soil Mix Tipe Panels Diameter 2 cm terhadap Daya Dukung Tanah	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung nilai daya dukung tanah lempung ekspansif dengan menggunakan kolom tipe panel berdiameter 2 cm pada berbagai panjang dan jarak.

No	Nama Penulis/ Peneliti dan Tahun	Judul dan sumber	Pokok Persoalan/Hasil Penelitian
		Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya Vol. 1 No. 2 (2015)	• • Perubahan panjang dan jarak 2 cm pada diameter Pertumbuhan nilai daya dukung tanah dipengaruhi oleh kolom jenis panel. Nilai daya dukung menurun seiring bertambahnya jarak antar kolom. Sementara itu, nilai daya dukung meningkat seiring dengan panjang kolom. Peningkatan nilai daya dukung tanah lebih dipengaruhi oleh perubahan jarak antar kolom daripada perubahan panjang kolom. • Jarak antar kolom terkecil yaitu 2 cm dengan kolom terpanjang yaitu 15 cm merupakan panjang dan jarak kolom ideal yang mampu menghasilkan daya dukung maksimal..
2	Hasriana, Lawalenna	Pengaruh penambahan bakteri	• Menggunakan uji kekuatan tekan

No	Nama Penulis/ Peneliti dan Tahun	Judul dan sumber	Pokok Persoalan/Hasil Penelitian
	Samang, M. Natsir Djide, dan Tri Harianto (2017)	(Bacillus Subtilis) pada tanah lunak terhadap karakteristik kuat tekan Konferensi Nasional Teknik Sipil 11 Universitas Tarumanagara, 26-27 Oktober 2017	Unconfined Compression Test (UCT), pastikan sifat- sifat tanah lunak yang dikombinasikan dengan larutan pekat bakteri Bacillus subtilis. • Berdasarkan hasil pengujian, penambahan larutan bakteri bacillus subtilis konsentrasi 6% dan perawatan selama 28 hari menghasilkan kuat tekan terbaik. • Kuat tekan meningkat dari 26 kN/m² menjadi 382,86 kN/m², yang berarti 15 kali lebih besar dari nilai tanah tanpa stabilisasi. Hal ini menunjukkan bahwa nilai kuat tekan meningkat pesat dengan menggunakan larutan bakteri Bacillus subtilis pada 24 konsentrasi.
3	Muhammad Saleh Nasution,	Penurunan Permeabilitas Dan	• Nilai kontrol pada uji kuat geser tanah lanau

No	Nama Penulis/ Peneliti dan Tahun	Judul dan sumber	Pokok Persoalan/Hasil Penelitian
	Yusep Muslih Purwana, Bambang Setiawan (2017)	Peningkatan Kuat Geser Tanah Lanau Menggunakan Pengaruh Mikrobakteri <i>Bacillus Subtilis</i> Dan <i>Pseudomonas Sp</i> Matriks teknik sipil universitas sebelas maret vol 5, No 4 (2017) E-ISSN : 2723-4223	sebesar 163,49 kN/m² merupakan hasil uji kuat geser tanah tanpa menggunakan bakteri. • Dibandingkan dengan hasil pengujian tanah lanau tanpa bakteri, kuat geser tanah lanau yang dikombinasikan dengan bakteri meningkat masing-masing 38,37% dan 34,88% selama 15 hari proses pengeringan. • Setelah 30 hari fermentasi, konsentrasi bakteri dalam tanah lanau dapat meningkatkan kekuatan geser masing-masing sebesar 48,88% dan 59,30%. • Hasil uji permeabilitas sampel tanah bebas bakteri sebagai nilai acuan angka permeabilitas pada tanah lanau yang mengandung bakteri

No	Nama Penulis/ Peneliti dan Tahun	Judul dan sumber	Pokok Persoalan/Hasil Penelitian
			Bacillus Subtilis dan Pseudomonas sp. yaitu sebesar $1,34 \times 10^{-9}$ m/dt. • Tanah lanau dengan campuran bakteri pada waktu pemeraman 15 hari penurunan permeabilitas sebesar 8.49 % dan 15.60 %. • Tanah lanau dengan campuran bakteri pada waktu pemeraman 30 hari mengalami penurunan permeabilitas sebesar 48.92 % dan 60.29 % dibandingkan hasil uji permeabilitas tanah tanpa bakteri . • Hasil uji SEM menunjukkan ekstraseluler polisakarida yang dihasilkan oleh bakteri Bacillus Subtilis dan Pseudomonas sp dapat mengikat antar partikel dan menutup pori pada

No	Nama Penulis/ Peneliti dan Tahun	Judul dan sumber	Pokok Persoalan/Hasil Penelitian
			partikel tanah lanau sehingga tanah lanau lebih kuat terhadap pengaruh geser dan sulit ditembus oleh air.
4	Tri Harianto , M.A. Walenna , and M. C. P. A. Torano (2022)	Shear Strength Characteristics of Stabilized Sedimentary Soil with Bacillus Subtilis Bacteria IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 1117, 4 th International Conference on Civil and Environmental Engineering 03-05 Agustus 2022	• Telah dibuktikan bahwa penambahan Bacillus Subtilis bersama dengan campuran urea dan CaCl₂ ke tanah sedimentasi dan membiarkannya mengeras meningkatkan tegangan geser hingga 8%. Bahan penstabil yang ditambahkan di awal adalah 1,25 kg/cm², 1,45 kg/cm², dan 1,77 kg/cm², tetapi setelah 28 hari pengerasan, jumlahnya meningkat rata-rata 35% menjadi 1,73 kg/cm², 2,09 kg/cm², dan 2,39 kg/cm².. • Setelah 28 hari fermentasi, nilai kekompakan meningkat

No	Nama Penulis/ Peneliti dan Tahun	Judul dan sumber	Pokok Persoalan/Hasil Penelitian
			sebesar 118 persen, dari nilai awal 0,72 kg/cm² menjadi 1,57 kg/cm². • Nilai sudut gesekan dalam tanah meningkat sebesar 40 persen pada kombinasi bakteri 8% setelah masa fermentasi 28 hari, dari nilai sudut gesekan tanah awal sebesar 22o menjadi 31o.
5	Alkadri, , Rahman Djamaluddin, Tri Harianto, dan Ardy Arsyad (2022a)	Pengaruh Biosementasi Bakteri Terhadap Karakteristik Campuran Tanah Kohesif Dan Organik Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2022 227-232 ISSN: 2459-9727	Tanah kohesif yang distabilkan secara bakteri sebesar 10% dan tanah organik memiliki nilai kuat tekan sebesar 28,74 kN/m², yang lima kali lebih tinggi daripada tanah tanpa stabilisasi bakteri; tanah organik sebesar 20% memiliki nilai kuat tekan sebesar 20,16 kN/m², dan tanah organik sebesar 30% memiliki nilai kuat tekan sebesar 17,92 kN/m², yang sembilan kali lebih tinggi daripada tanah tanpa stabilisasi bakteri. Tanah yang tidak diolah yang tidak distabilkan secara bakteri memiliki nilai kuat tekan yang relatif lebih rendah; misalnya, tanah organik sebesar 10% memiliki nilai sebesar 6,85 kN/m², tanah organik sebesar 20% memiliki nilai sebesar 2,84

No	Nama Penulis/ Peneliti dan Tahun	Judul dan sumber	Pokok Persoalan/Hasil Penelitian
			kN/m ² , dan tanah organik sebesar 30% memiliki nilai sebesar 2,54 kN/m ² .
6	Alkadri, , Rahman Djamaluddin, Tri Harianto, dan Ardy Arsyad (2022)	The Compressive Strength of Cohesive Soil Stabilized with Microbial Induced Cementation IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 1117, 4 th International Conference on Civil and Environmental Engineering 03-05 Agustus 2022	Larutan bacillus subtilis 6% ditambahkan untuk menstabilkan kekuatan tekanan tanah. Di bawah tekanan kompresif, bakteri dan kultur yang berumur 4 hari memiliki nilai kekuatan kompresif maksimum pada umur 28 hari. Nilai kekuatannya adalah 19,96 kg/cm ² , yang enam kali lebih besar dari nilai kekuatan kompresif tanah sebesar 3,02 kg/cm ² , yang tidak mengganggu stabilitas bakteri.
7	(Hashim et al., 2020)	The Influence of Microbiology on Soil Aggregation Stability	Penelitian ini menunjukkan efektivitas bakteri (<i>Bacillus</i> sp.) sebagai bahan pengikat dalam tanah pengumpulan. Pengaruh berbagai faktor dipelajari seperti

No	Nama Penulis/ Peneliti dan Tahun	Judul dan sumber	Pokok Persoalan/Hasil Penelitian
			(bahan organik, kalsium mikroba curah hujan karbonat, pH) terhadap stabilitas agregat tanah. Tindakan penggunaan bakteri meningkatkan kualitas tanah stabilitas agregat melalui peningkatan kandungan bahan organik dan pembentukan biofilm permukaan makroagregat tanah yang membuktikan peranan utama bakteri (<i>Bacillus</i> sp.) terhadap stabilitas agregat tanah. Pengendapan kristal CaCO_3 juga meningkatkan dasar stabilitas agregat, yang menunjukkan bahwa pengaruh penting bakteri (<i>Bacillus</i>) karena kemampuannya menghasilkan endapan dalam jumlah besar (CaCO_3) dalam waktu singkat karena aksi

No	Nama Penulis/ Peneliti dan Tahun	Judul dan sumber	Pokok Persoalan/Hasil Penelitian
			ureasenya yang tinggi. Tidak ada pola umum pH tanah terdeteksi

BAB II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar. Penelitian ini dilakukan dengan mengevaluasi model dampak perubahan kedalaman kolom tanah yang dipertahankan oleh bakteri *Bacillus subtilis* di laboratorium terhadap beban aksial. Waktu pelaksanaan penelitian ini direncanakan kurang lebih selama 6 bulan yakni mulai bulan November 2022 – Mei 2023.

2.2 Bahan dan Alat

2.2.1 Bahan Material

Materi disiapkan dengan tujuan untuk mendukung penelitian dengan memperoleh data dari pengujian objek uji dan kualitas material. Sumber daya berikut dibuat untuk membantu penelitian ini:

a. Bakteri *Bacillus Subtilis*

Bakteri *bacillus subtilis* yang diperoleh dari laboratorium microbiologi jurusan farmasi universitas hasanuddin

b. Tanah

Tanah lempung dari daerah sekitar kampus Teknik UNHAS, Kabupaten Gowa, digunakan dalam penelitian ini, sulawesi selatan Teknik pengambilan sampel dilakukan secara manual dengan menggunakan linggis dan sekop kemudian disaring dengan ayakan No.4 dan selanjutnya sampel tanah ditempatkan dalam Wadah/ember tertutup.

2.2.2 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian mencakup beberapa jenis peralatan pengujian baik untuk pengujian sifat fisik bahan maupun sifat mekanis bahan dan material serta peralatan yang digunakan untuk uji pemodelan di laboratorium. adapun jenis peralatan pengujian yang digunakan dalam penelitian adalah:

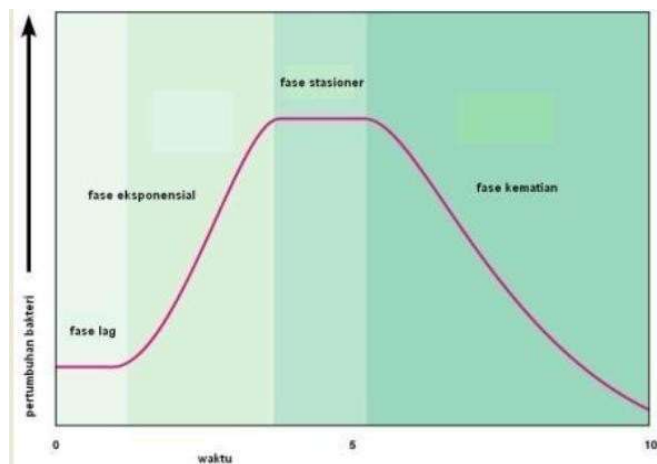
- a. Bak Pengujian: bak bentuk silinder dengan diameter 80 cm, dan T = 120 cm.
- b. Alat Pengukuran Sifat Fisik dan Mekanis Tanah : Alat Kadar Air, Alat Pengujian Berat Jenis Tanah, Alat Pengujian Batas-Batas Atterberg, Alat Uji Analisis Hydrometer, Alat Uji Analisa Saringan, Alat Pengujian Kompaksi, Alat pengujian Direct Shear Test, dan Alat pengujian Unconfined Compression Strenght

2.3 Pelaksanaan Penelitian

Tiga tahap pengujian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Uji Kultur Bakteri, Uji Fisik, dan Uji Sifat Mekanik Tanah, serta uji model variasi kolom. Pengujian berikut dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Hasanuddin:

A. Uji Kultur Bakteri

Dengan bantuan pengocok dan inkubator, uji kultur pertumbuhan dilakukan untuk mengidentifikasi jenis pertumbuhan bakteri menggunakan kurva pertumbuhan yang ditunjukkan oleh kekeruhan dalam media cair.



Gambar 2. Kurva Pertumbuhan Bakteri

Keterangan:

Fase Lag	= Fase Awal / Permulaan
Fase Eksponensial	= Fase Pertumbuhan
Fase Stasioner	= Fase Pertumbuhan Berhenti
Fase Kematian	= Fase Bakteri Mengalami Kematian

Pembuatan medium dengan 20 gram urea, 3 gram kaldu nutrisi, 2,12 gram NaHCO_3 , 4,14 gram $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dan 10 gram NH_4Cl merupakan tahap awal dalam menumbuhkan bakteri *Bacillus subtilis*. Semua bahan yang telah ditimbang di atas dicampur dengan 1000 mililiter air suling (aquades). Setelah itu disterilkan selama 15 menit pada suhu 121°C dalam autoklaf. Setelah dingin, isolat bakteri dicampur ke dalam medium dan ditumbuhkan di ruang pengocok sebagai bagian dari prosedur inokulasi bakteri. Selain itu, spektrofotometer digunakan untuk menentukan kerapatan optik (OD).

B. Pengujian Sifat Fisik dan Mekanis Tanah

a. Persiapan

Kemampuan dan kalibrasi instrumen yang akan digunakan untuk melakukan uji penelitian ini diperiksa terlebih dahulu selama tahap persiapan. Untuk

memastikan tidak ada kesalahan yang terjadi selama pengujian, proses dan pengoperasian alat harus diperiksa secara menyeluruh. Penting juga untuk memahami sepenuhnya kemampuan, akurasi, dan kapasitas alat.

b. Pengujian material

Tujuan pengujian laboratorium terhadap karakteristik mekanis dan fisik tanah adalah untuk memastikan karakteristik fisiknya dan mekanis tanah. Ada pun acuan dalam pengujian yang digunakan yaitu SNI dan ASTM sebagai standar dalam pelaksanaan pengujian di laboratorium. Berikut Parameter Uji dan Standar Pengujian Fisik dan Mekanik :

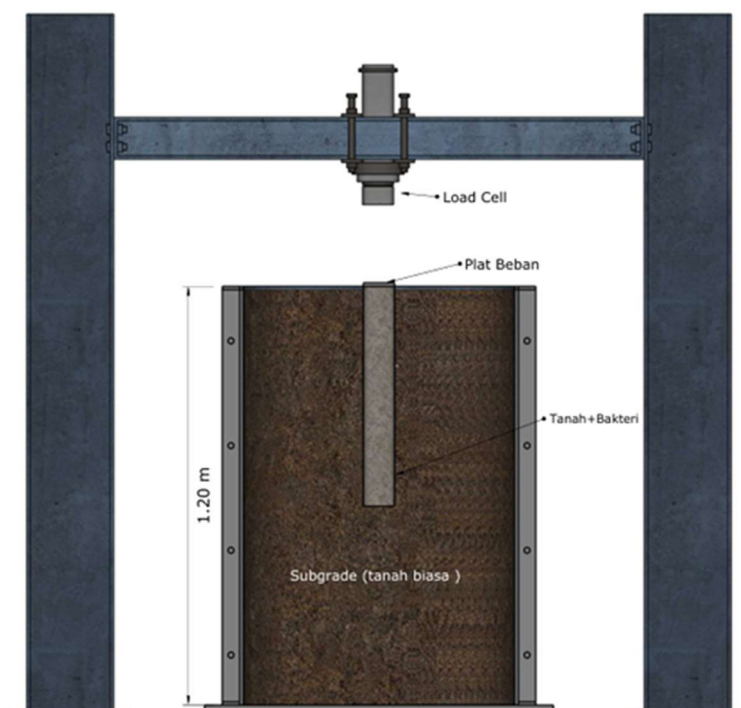
Tabel 2. Parameter Uji dan Standar Pengujian Fisik dan Mekanik

No	Jenis Pengujian	Jenis Standard	
		ASTM	SNI
1	Analisa Saringan	C-136-06	SNI 03-1968-1990
2	Batas-Batas Atterberg		
	a. Batas Cair (LL)	D-423-66	SNI 03-1967-1990
	b. Batas Plastis (PL)	D-424-74	SNI 03-1966-1990
	c. Indeks Plastis (IP)	D-4318-10	SNI 03-1966-2008
3	Berat Jenis Tanah (Gs)	D-162	SNI 03-1964-1990
4	Berat Isi Tanah Jenuh (γ_{sat})	D-2216-98	SNI 03-1743-1989
5	Kadar Air (Wc)	D-2216-98	SNI 03-1965-1990
6	Berat Isi Kering (γ_d)	D-854-72	SNI 03-1970-2008
7	Angka Pori (e)	D-854-72	SNI 03-2473-1991
8	Porositas (n)	D-7063-11	SNI 13-3604-1994
9	Derajat Kejenuhan (Sr)	D-854-72	SNI 03-2812-1992
10	Kuat Tekan Bebas (q_u)	D-633-1994	SNI 03-6887-2002
11	Uji Kuat Geser Langsung (Cu)	E-736-00	SNI 03-3420-1994

No	Jenis Pengujian	Jenis Standard	
		ASTM	SNI
12	Uji Pemadatan	D-698	SNI 03-1742-1989

C. Uji Model Variasi Kolom

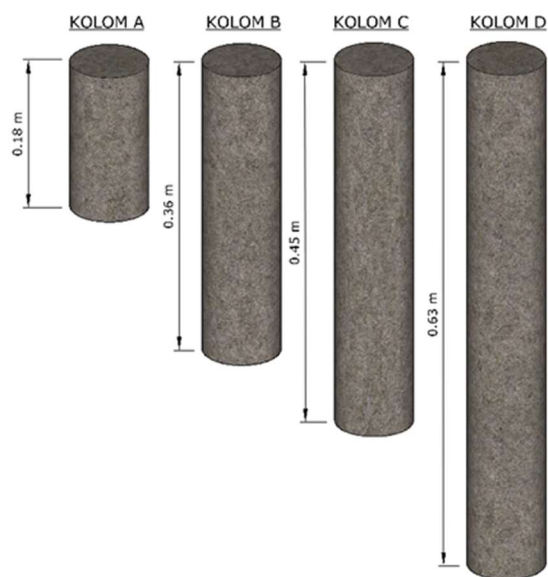
Sifat tanah lempung yang menghasilkan hasil biostabilisasi terbaik dari penelitian ini digunakan sebagai dasar pembuatan model. Dengan diameter 80 cm dan T 120 cm, model ini dibuat berbentuk silinder. Memasukkan tanah di slinder untuk menjadikan media tanah dengan kepadatan 5% dengan tebal 120cm. Melakukan pengeboran dengan diameter 9 cm dengan 4 kedalaman yang berbeda. Dengan kedalaman $2xD$, $4xD$, $5xD$ dan $7xD$. Selanjutnya dimasukkan Tanah Lempung dengan bio stabilisasi yang paling efektif kedalam yang telah di bor dan di padatkan. Kemudian di beri plat dengan diameter 9cm di atas bor yang telah di isi Tanah Lempung dengan bio stabilisasi yang paling efektif. Selanjutnya diberi pembebanan aksial tiap plat yang diatas bor yang telah di isi Tanah Lempung dengan bio stabilisasi.



Gambar 3. Sketsa model



Gambar 4. Sketsa model Tampak Atas



Gambar 5. Sketsa model ketinggian kolom

2.4 Alur Penelitian

Diagram alir penelitian merupakan bagan tahapan pelaksanaan penelitian, diperlihatkan pada Gambar 6 berikut :

