

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL BIOSEMENTASI
MENGUNAKAN BAKTERI SPOROSARCINA SP
PADA TANAH PASIR BERGRADASI BURUK**



STEFANUS BOBY PARTOGI

NPM : 2015410167

PEMBIMBING : Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1722/SK/BAN-PT/Akred/VII/2018)
BANDUNG**

DESEMBER 2019

SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL BIOSEMENTASI
MENGUNAKAN BAKTERI SPOROSARCINA SP
PADA TANAH PASIR BERGRADASI BURUK**



STEFANUS BOBY PARTOGI

NPM : 2015410167

PEMBIMBING :

Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1722/SK/BAN-PT/Akred/VII/2018)
BANDUNG**

DESEMBER 2019

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Stefanus Bobby Partogi

NPM : 2015410167

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul STUDI EKSPERIMENTAL BIOSEMENTASI MENGGUNAKAN SPOROSARCINA SP PADA TANAH PASIR BERGRADASI BURUK adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, Desember 2019



Stefanus Bobby Partogi

2015410167

STUDI EKSPERIMENTAL BIOSEMENTASI MENGGUNAKAN SPOROSARCINA SP PADA TANAH PASIR BERGRADASI BURUK

Stefanus Bobby Partogi
NPM: 2015410167

Pembimbing: Aswin Lim, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

BANDUNG
DESEMBER 2019

ABSTRAK

Biosementasi adalah metode perbaikan tanah yang memanfaatkan kemampuan mikroorganisme penghasil enzim urease. Metode ini merupakan metode alternatif dari *chemical grouting* yang lebih ramah lingkungan, tidak memberikan zat kimia beracun yang tidak seharusnya berada di dalam tanah. Mikroorganisme yang digunakan adalah bakteri *Sporosarcina sp*, bakteri yang didapat dari tanah pasir Padang. Eksperimen dilakukan pada 4 jenis sampel yaitu, sampel diautoklaf, sampel diautoklaf dengan bakteri *Sporosarcina sp*, sampel alami, dan sampel alami ditambah dengan bakteri *Sporosarcina sp*. Perlakuan dilakukan dengan intensitas pemberian reagen sementasi setiap 6 jam sekali dalam kurun waktu 14 hari, kemudian diukur kuat tekannya menggunakan *soil hardness tester*. Kuat tekan yang didapat dari sampel diautoklaf, sampel diautoklaf ditambah bakteri *Sporosarcina sp*, alami, dan alami ditambah bakteri *Sporosarcina sp* secara berturut-turut adalah 1078 kPa, 215,6 kPa, 784 kPa, dan 176,4 kPa. Kandungan kalsit secara berturut-turut adalah sebesar 14,7%, 8,68%, 20,7%; 6,98%. Sampel sebelum perlakuan tidak diukur kuat tekannya karena merupakan pasir lepas.

Kata kunci: Biosementasi, tanah pasir Jakarta, *Sporosarcina sp*, kuat tekan bebas (q_u).

EXPERIMENTAL STUDY OF BIOCEMENTATION USING SPOROSARCINA SP ON POORLY GRADED SANDY SOIL

Stefanus Boby Partogi
NPM: 2015410167

Advisor: Aswin Lim, Ph.D.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

BANDUNG

DECEMBER 2019

ABSTRACT

Biocementation is soil improvement method which take advantage from microorganism's ability of producing urease enzyme. This method can be an alternative of chemical grouting which is friendlier to the environment by not providing toxic chemicals that should not be inside the soil. *Sporosarcina sp* is used in this experiment, collected and identified from Padang sand. The experiment were applied to 4 samples, those are autoclaved sample, autoclaved sample added with *Sporosarcina sp*, natural sample and natural sample added with *Sporosarcina sp*. The treatment of injecting cementation reagent was done every 6 hours within 14 days, then compressive strength was tested using soil hardness tester. The compressive strength value of autoclaved sample, autoclaved sample added with *Sporosarcina sp*, natural sample and natural sample added with *Sporosarcina sp* were respectively 1078 kPa, 215,6 kPa, 784 kPa and 176,4 kPa. Calcite content for each sample respectively are 14,7%, 8,68%, 20,7%; 6,98%. Compressive strength was not tested before the treatment due to the sample was loose sand.

Keywords: Biocementation, Jakarta sandy soil, *Sporosarcina sp*, compressive strength value (q_u).

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa penulis ucapkan yang sebesar-besarnya karena berkat rahmat-Nya yang sungguh agunglah sehingga skripsi STUDI EKSPERIMENTAL BIOSEMENTASI MENGGUNAKAN SPOROSARCINA SP PADA TANAH PASIR BERGRADASI BURUK ini dapat dibuat dan diselesaikan.

Karya ilmiah ini merupakan salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan pendidikan di tingkat S-1 (sarjana) di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Banyak sekali dukungan, bantuan, kritik, saran, dan campur tangan dalam pembuatan skripsi ini karena penulis menyadari bahwa tidak dapat menyelesaikan penelitian ini sendirian. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya yaitu kepada:

1. Keluarga penulis, Papah dan Mamah (Drs. Yannen Maruli Tua Purba dan Ir. Catharina Irawati), telah mendukung dan mendoakan penulis di segala hal dari masa perkuliahan sampai tugas akhir. Mas (Stanislaus Billy Novrando, S.T.) dan Khione yang membantu memberikan saran dan menemani persiapan presentasi seminar dan sidang.
2. Bapak Aswin Lim, Ph. D., yang telah membimbing setiap hal dalam penulisan skripsi ini, memberikan banyak waktu beliau sebagai tempat konsultasi penulis, selalu bersemangat membimbing dan mengajarkan praktikum secara langsung di laboratorium, ramah serta responsif terhadap setiap kebingungan-kebingungan penulis. Tanpa bantuan Bapak Aswin, skripsi akan sangat jauh dari sempurna.
3. Dary Aulia Muhammad, S.T., S.Si., sebagai senior yang telah rendah hati bersedia membantu, membimbing, dan mengajarkan penulis setiap tahap persiapan eksperimen serta konsultasi bahasan hasil eksperimen. Mau mengajarkan dengan sabar tahap demi tahap, mau datang ke laboratorium ITB mau pun Unika Parahyangan, dan mau memberikan segala pertimbangan dengan sangat jelas.

4. Bapak Prof., Pak Paulus Pramono Ir., MSCE., Ph.D., Bapak Budijanto Widjaja, Ph.D., Ibu Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T., Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T., Ibu Dr. Rinda Karlinasari, yang dengan rendah hati memberikan ilmu serta memberikan masukan-masukan demi menyempurnakan skripsi ini.
5. Ibu Prof. Dr. Judy Retti B. W., Ir., M. App.Sc., yang telah memperkenankan penulis melakukan eksperimen di laboratorium biomassa dan biokimia.
6. Ibu Lusi Sylviana, yang mau dengan ramah membimbing penulis dalam proses pembiakkan bakteri di laboratorium.
7. Bapak Andra Ardiana, S.T., yang telah rendah hati mengarahkan penulis, memberi masukan, dan membantu pengujian-pengujian di laboratorium.
8. Bapak Yudi, yang selalu ramah dan bersemangat ikut praktikum pengujian sampel di laboratorium.
9. Neka Arnando, Raja Sintong, Franklin Ronaldo, Marcellino Arifin, Andry Ansari, Yohanes Albrecht, Vinsensius Nicky, Muktar Mukti, Vinsensius Soedarso, Ashila Hasya, Rahadian Fathurahman, Stephen Lunardi, Huzein Ramdhan, Achmad Musa, Rolando, Renata Rominar, Varian Harwin, Tryaldi Tama, Gilberta Miranda, Nurmalita Bintang, Tommy Pranoto, yang sudah mau menemani penulis mengerjakan skripsi ini bersama-sama.
10. Gerits Michael Gosana, yang sudah bersedia ikut bersama penulis mengangkat rak eksperimen yang berat sejauh 1 kilometer pukul 12 malam.
11. Franklin Ronaldo Ginting, yang bersedia membantu memotong dan melubangi selang infus, mempersiapkan sampel penelitian, dan memeriksa penulisan skripsi ini agar baik dan benar sesuai aturan dan ketentuan.
12. Neka Arnando dan Raja Sintong yang mau menemani penulis mengukur berat jenis menggunakan metode kalibrasi erlenmeyer di laboratorium geoteknik saat malam hari demi mendapatkan index properties yang lebih akurat pada skripsi ini.
13. Divanza Audi, yang dengan ramah dan bersemangat ikut bersama penulis mengukur pH efluen dari hasil eksperimen.
14. Teman SMA dan teman ITB (Adriel Kuproy Joshua dan Sergio Ryan) yang mau memberikan masukan dan mendengarkan penulis latihan presentasi untuk seminar judul dan ikut membahas dasar teori dari penelitian ini. Kepada Kuproy yang mau menjelaskan proses reaksi kimia urease kepada penulis. Kepada Sergio Ryan yang mau memberikan penjelasan mengenai

enzim sebagai katalisaor dan meminjmkan laptop jadulnya demi kelancaran skripsi ini.

15. Angkatan Serigala 2015 dan Masyarakat Sipil Unpar yang selalu menyambut, menanyakan perkembangan skripsi dan selalu bersedia membantu penulis, berbagi informasi tugas akhir, memberikan suasana nyaman, dan menyenangkan bagi penulis.
16. Teman kosan (Hagai Batara, Tommy Pranoto, Kikai Rizky Prathama, Dhanes Dewata), yang sudah mau memberikan suasana menyenangkan bagi penulis saat mengerjakan skripsi di kos, dan memberikan masukan bagi presentasi penulis.
17. Teman ngelab kimia (Diana, Sandra, Rani), yang sudah bersedia menjadi teman penulis, mengatasi kebingungan penulis yang sangat asing bekerja di laboratorium biomassa dan biokimia, menawarkan bantuan dan pinjaman alat praktikum.
18. Kuspatria Anggani, yang sudah mau menemani penulis mengerjakan skripsi, ikut membahas jurnal-jurnal terdahulu, meminjamkan laptop, dan selalu memberi dukungan secara totalitas.

Bandung, 19 Desember 2019



Stefanus Boby Partogi

2015410167

DAFTAR ISI

BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Inti Permasalahan.....	1-3
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-3
1.4 Lingkup Bahasan.....	1-3
1.5 Metode Penelitian.....	1-4
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-4
1.7 Diagram Alir Penelitian.....	1-5
BAB 2 STUDI PUSTAKA.....	2-1
2.1 Tanah.....	2-1
2.2 Jenis Tanah.....	2-1
2.3 Gradasi Butiran Tanah.....	2-1
2.4 Biosementasi.....	2-2
2.5 Jenis Bakteri.....	2-4
2.6 Konsentrasi Bakteri.....	2-4
2.7 Kultivasi Bakteri.....	2-4
2.8 Ketahanan terhadap Kondisi Lingkungan.....	2-5
2.9 Derajat Keasaman (pH).....	2-5
2.10 Suhu.....	2-5
2.11 Alat Penelitian.....	2-6
2.12 <i>Shaker</i>	2-6
2.13 Autoklaf.....	2-6
2.14 Mikrofilter.....	2-7
2.15 Uji <i>Scanning Electron Microscopy</i> dan <i>X-Ray Fluorescence</i>	2-8
2.16 Uji <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	2-8

2.17 Uji <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	2-8
2.18 Ringkasan dari Review of Ground Improvement Using Microbial Induced Carbonate Precipitation (MICP).....	2-8
2.19 Ringkasan dari Improvement of Coarse Sand Engineering Properties by Microbially Induced Calcite Precipitation	2-9
2.20 Ringkasan dari Studi Eksperimental Biosementasi Menggunakan Isolat Bakteri Pasir Padang	2-10
BAB 3 METODE PENELITIAN	3-1
3.1 Tahapan Penelitian	3-1
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	3-2
3.3 Alat dan Bahan Yang Dibutuhkan	3-2
3.4 Persiapan Larutan Sementasi	3-3
3.5 Persiapan Medium Pertumbuhan	3-4
3.6 Kultivasi Bakteri	3-4
3.7 Persiapan Sampel Tanah Pasir	3-6
3.8 Pemberian Larutan Sementasi.....	3-7
3.9 Pengukuran pH Efluen	3-8
BAB 4 ANALISIS DATA	4-1
4.1 Jenis Tanah dan Index Properties.....	4-1
4.2 Nilai pH Efluen	4-2
4.3 Hasil Uji Kuat Tekan Bebas dengan <i>Soil Hardness Tester</i>	4-4
4.4 Hasil Uji <i>Scanning Electron Microscopy</i>	4-5
4.5 Sampel Tanah Pasir Diautoklaf dengan Bakteri <i>Sporosarcina sp</i>	4-6
4.6 Sampel Tanah Pasir Diautoklaf Tanpa Bakteri <i>Sporosarcina sp</i>	4-7
4.7 Sampel Tanah Pasir Alami dengan Bakteri <i>Sporosarcina sp</i>	4-9
4.8 Sampel Tanah Pasir Alami Tanpa <i>Sporosarcina sp</i>	4-10
4.9 Hasil Uji <i>X-Ray Fluorescence</i>	4-11
4.10 Kadar Kalsium Karbonat.....	4-12

BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Simpulan	5-1
5.2 Saran	5-1
DAFTAR PUSTAKA.....	xvi

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

C	: Karbon
Ca	: Kalsium
O	: Oksida
H	: Hidrogen
Na	: Natrium
NH ₄ ⁺	: Amonia
Cl	: Klorida
Cu	: Koefisien Keseragaman
Cc	: Koefisien Kurvatur
γ	: Berat isi
γ_{dry}	: Berat isi kering
pH	: Derajat keasaman
G _s	: Berat jenis/ <i>specific gravity</i>
XRF	: <i>X-Ray Fluorescence</i>
SEM	: <i>Scanning Electron Microscopy</i>
ω	: Kadar air
q _u	: Kuat tekan bebas
MICP	: <i>Microbial Induced Calcite Precipitation</i>
USCS	: <i>Unified Soil Classification System</i>

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian.....	1-5
Gambar 2.1 Proses Biosementasi	2-3
Gambar 2.2 Alat Inkubator <i>Shaker</i>	2-6
Gambar 2.3 Alat Autoklaf	2-7
Gambar 2.4 Alat Mikrofilter.....	2-7
Gambar 3.1 Diagram Tahapan Eksperimen	3-2
Gambar 3.2 Posisi Lingkungan Penelitian	3-2
Gambar 3.3 Suhu pada Autoklaf	3-3
Gambar 3.4 Medium Agar Miring Bakteri.....	3-4
Gambar 3.5 Larutan Medium Pertumbuhan dengan Api Spiritus	3-5
Gambar 3.6 Alat <i>Shaker</i>	3-5
Gambar 3.7 Sampel pada <i>Syringe</i> Siap Untuk Perlakuan	3-7
Gambar 3.8 Keempat <i>Syringe</i> Diletakkan pada Rak	3-7
Gambar 3.9 Alat pH-meter	3-8
Gambar 4.1 Perbandingan Kurva Gradasi Butiran.....	4-1
Gambar 4.2 Grafik pH Efluen	4-2
Gambar 4.3 Proses Pengukuran pH.....	4-3
Gambar 4.4 Pengukuran Kuat Tekan Sampel	4-5
Gambar 4.5 Hasil Uji XRF dari Sampel Diautoklaf.....	4-12

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ukuran Pan Saringan.....	2-2
Tabel 4.1 <i>Index Properties</i> Sampel Tanah Pasir Jakarta.....	4-2
Tabel 4.2 Kuat Tekan dari Setiap Sampel.....	4-4
Tabel 4.3 Hasil SEM Tanah Pasir Diautoklaf dengan Bakteri <i>Sporosarcina sp</i>	4-6
Tabel 4.4 Hasil SEM dari Sampel Diautoklaf.....	4-7
Tabel 4.5 Hasil SEM Sampel Tanah Pasir Alami dengan Bakteri <i>Sporosarcina sp</i> .	4-9
Tabel 4.6 Hasil SEM Sampel Tanah Pasir Alami Ditambah Bakteri <i>Sporosarcina sp</i>	4-10
Tabel 4.7 Hasil Foto Keempat Sampel Tersementasi	4-12

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 HASIL PENGUKURAN PH EFLUEN	L1-1
LAMPIRAN 2 DATA UJI SARINGAN.....	L2-1
LAMPIRAN 3 HASIL UJI X-RAY FLUORESCENCE	L3-1
LAMPIRAN 4 DATA KALIBRASI ERLNMEYER	L4-1
LAMPIRAN 5 DATA UJI BERAT ISI DAN BERAT ISI KERING TANAH.....	L5-1
LAMPIRAN 6 TABEL PERHITUNGAN KADAR SEMENTASI	L6-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara yang terletak di pertemuan lempeng Eurasia, lempeng Hindia-Australia dan lempeng Pasifik menjadi daerah rawan terjadi gempa bumi akibat pergerakan lempeng. Berada di cincin api atau biasa disebut *ring of fire* menyebabkan munculnya banyak gunung berapi di wilayah Indonesia. Aktivitas gunung berapi tersebut menimbulkan banyak fenomena gempa bumi.

Gempa bumi dapat terjadi akibat dari 2 hal yaitu akibat adanya pergerakan lempeng dan akibat aktifnya gunung berapi. Gempa yang terjadi akibat dari pergerakan lempeng disebut gempa tektonik, sedangkan gempa bumi yang dihasilkan oleh gunung berapi yang aktif disebut gempa bumi vulkanik.

Terjadinya gempa bumi pada tanah yang jenuh air menyebabkan tekanan air pori meningkat dan tanah yang umumnya didominasi oleh pasir membuat antar partikel pasir bergerak saling menjauhi atau disebut juga likuifaksi. Ketika likuifaksi terjadi, tanah kehilangan kekakuan dan kekuatan gesernya sehingga tanah terlihat seperti mencair.

Peningkatan perkuatan tanah dapat dilakukan secara mekanikal dan dengan bantuan bahan kimia. Perkuatan secara mekanikal membutuhkan energi yang lebih besar sehingga membutuhkan mesin besar dan alat besar. Hal ini dapat mengganggu stabilitas tanah di sekitarnya. Menggunakan bahan kimia atau disebut *chemical grouting* juga dapat berdampak buruk bagi lingkungan sekitar serta berpotensi mengganggu kesehatan manusia karena meningkatkan kekuatan tanah dengan menginjeksikan semen dan sodium silikat yang kemudian mengontaminasi tanah dan aliran air tanah (Wang, dkk. 2017).

Perkembangan *Bio-mediated Soil Improvement* sudah memunculkan metode *Microbial-Induced Calcite Precipitation* (MICP). Menurut Karol (2003), perbaikan tanah menggunakan metode MICP menjadi salah satu alternatif yang ramah lingkungan. Metode ini cenderung lebih banyak mengendapkan zat kapur sebagai pengisi rongga dan perekat antar partikel pasir. Disebut ramah lingkungan karena zat kapur pada dasarnya hanya berperan sebagai pengatur pH lingkungan, berbeda

dengan silikat dan besi yang tidak seharusnya berada dalam tanah. Oleh karena penelitian mengenai MICP relatif baru, maka membutuhkan penelitian lanjutan.

Salah satu metode dari MICP adalah biosementasi.. Salwa Al-Thawadi (2008) dan Burbank dkk (2011) menemukan bahwa peningkatan perkerasan tanah, khususnya tanah pasir, dapat terwujud akibat adanya senyawa kalsium karbonat (CaCO_3) yang terbentuk setelah terpresipitasi di dalam tanah. Ikatan ion ini adalah hasil pelepasan ion karbon dari urea [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] dikatalisasi oleh mikroorganisme penghasil enzim urease yang kemudian berhidrolisis ketika bertemu air (H_2O). Melepas ikatan menjadi CO_3^{2-} , tanah pasir tersebut ditaburi kalsium klorida (CaCl_2) sebagai zat penunjang sementasi. Dinding sel dari mikroorganisme yang mengandung CO_3^{2-} sebagai ion negatif mampu mengikat kalsium sebagai ion positif. Kalsium karbonat yang mengristal oleh efek pelepasan amonium (NH_4^+) yang meningkatkan pH lingkungan akan membuat senyawa CaCO_3 terpresipitasi. Akibatnya rongga antar partikel terisi sekaligus mengikat antar partikel pasir. Dengan begitu, pasir akan semakin kohesif, kuat tekan, dan kuat geser meningkat.

Lim dkk (2019) menginvestigasi kemampuan biosementasi bakteri yang ditemukan pada pasir Padang. Pengidentifikasian bakteri alami dilakukan dengan *fourway streak* dan *pour plate* pada cawan petri. Mikroorganisme yang ditemukan adalah *Sporosarcina sp*, salah satu mikroorganisme yang memproduksi enzim urease.

Menurut Whiffin (2004), ada beberapa mikroorganisme yang dapat digunakan pada metode biosementasi antara lain, *Sporosarcina pasteurii*, *Proteus vulgaris*, *Bacillus pasteurii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, dan masih ada lagi. Setelah pengidentifikasian mikroorganisme yang ditemukan Lim, dkk melalui lembaga *Macrogen* di Korea Selatan, mikroorganisme tersebut paling mendekati ke dalam kategori *Sporosarcina pasteurii*.

Eksperimen dilakukan pada pasir Padang sebagai sampelnya. Reagen sementasi yang digunakan berkonsentrasi 0,5 M. Setelah melakukan eksperimen pada 5 sampel pasir seperti terlihat pada Tabel 1, hasil menunjukkan bahwa sampel pasir kering alami non-steril, tanpa diberikan bakteri *Sporosarcina sp* sebagai bakteri tambahan tersementasi dengan kadar CaCO_3 paling rendah namun memiliki nilai kuat tekan dan rasio sementasi paling tinggi.

Tabel 1.1 Data rasio sementasi, kadar CaCO₃ dan kuat tekan bebas dari hasil pengujian sampel tanah pasir Padang oleh Lim., dkk (2019)

Sampel	A	B	A10	A20	A30
Keterangan	Pasir steril	Pasir alami	Sampel A + 10 ml larutan bakteri	Sampel A + 20 ml larutan bakteri	Sampel A + 30 ml larutan bakteri
Kadar CaCO ₃ (%)	0	23,37	33,12	42,63	45,79
Rasio Sementasi (%)	0	36,1	17,2	19,4	22,8
Kuat Tekan Bebas (kPa)	0	>500	>500	150	425

Al Qabany dkk (2012) mengatakan bahwa konsentrasi larutan memengaruhi tingkat pemerataan bentuk CaCO₃. Semakin tinggi konsentrasi larutan sementasi maka akan semakin tidak seragam. Menurut Somani dkk (2006), larutan sementasi dengan konsentrasi tinggi cenderung akan membentuk ukuran kristal CaCO₃ yang lebih besar. Konsentrasi yang lebih kecil cenderung membentuk nukleasi CaCO₃ yang seragam. Oleh sebab itu, penggunaan larutan sementasi dengan konsentrasi yang lebih rendah pada penelitian lanjutan layak dipertimbangkan.

1.2 Inti Permasalahan

Perlunya penelitian lebih lanjut mengenai biosementasi demi adanya metode alternatif untuk peningkatan kekuatan tanah yang ramah lingkungan.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan untuk:

1. Mengetahui kemampuan biosementasi oleh bakteri *Sporosarcina sp* yang merupakan bakteri isolat pasir Padang dalam membantu proses biosementasi pada pasir bergradasi buruk lainnya.
2. Menentukan kuat tekan tanah setelah masa perlakuan terhadap pasir dengan uji *Soil Hardness Tester*.

1.4 Lingkup Bahasan

Untuk memecahkan inti permasalahan dan mencapai tujuan penelitian, lingkup bahasan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tanah yang digunakan adalah tanah pasir bergradasi buruk. Lokasi pengambilan di Jakarta.
2. Tanah pasir dicampur dengan isolat bakteri dan tanpa isolat bakteri pada tanah pasir steril dan pada tanah pasir alami.
3. Mikroorganisme yang digunakan adalah *Sporosarcina sp.*
4. Pemberian larutan sementasi setiap 6 jam sekali dalam rentang waktu 14 hari.
5. Uji kuat tekan menggunakan *Soil Hardness Tester*.
6. Uji konfirmasi dengan *Scanning Electron Microscopy (SEM)* dan *X-Ray Fluorescence (XRF)*.
7. Pengukuran persentase tersementasi.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan penulis adalah sebagai berikut:

1. Tinjauan pustaka, dilakukan untuk mendapatkan landasan teori, dan literatur yang menunjang penelitian. Referensi yang digunakan berasal dari jurnal, buku, artikel, dan skripsi pembeding.
2. Uji laboratorium, dilakukan untuk mendapatkan data hasil eksperimen dan diolah menjadi data analisis.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan karya ilmiah dibagi menjadi 5 bagian yaitu,

1. BAB 1 Pendahuluan

Menjelaskan latar belakang penelitian, inti permasalahan, tujuan diadakan penelitian, lingkup bahasan permasalahan, metode penelitian yang digunakan untuk mendapatkan kesimpulan dan saran dari penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian.

2. BAB 2 Studi Kasus

Menjelaskan dasar teori dan studi mengenai biosementasi menggunakan mikroorganisme *Sporosarcina sp.*

3. BAB 3 Metode Analisis

Menjelaskan langkah dan alur penelitian secara rinci serta metode analisis yang digunakan untuk mendapatkan hasil penelitian.

4. BAB 4 Data dan Analisis Data

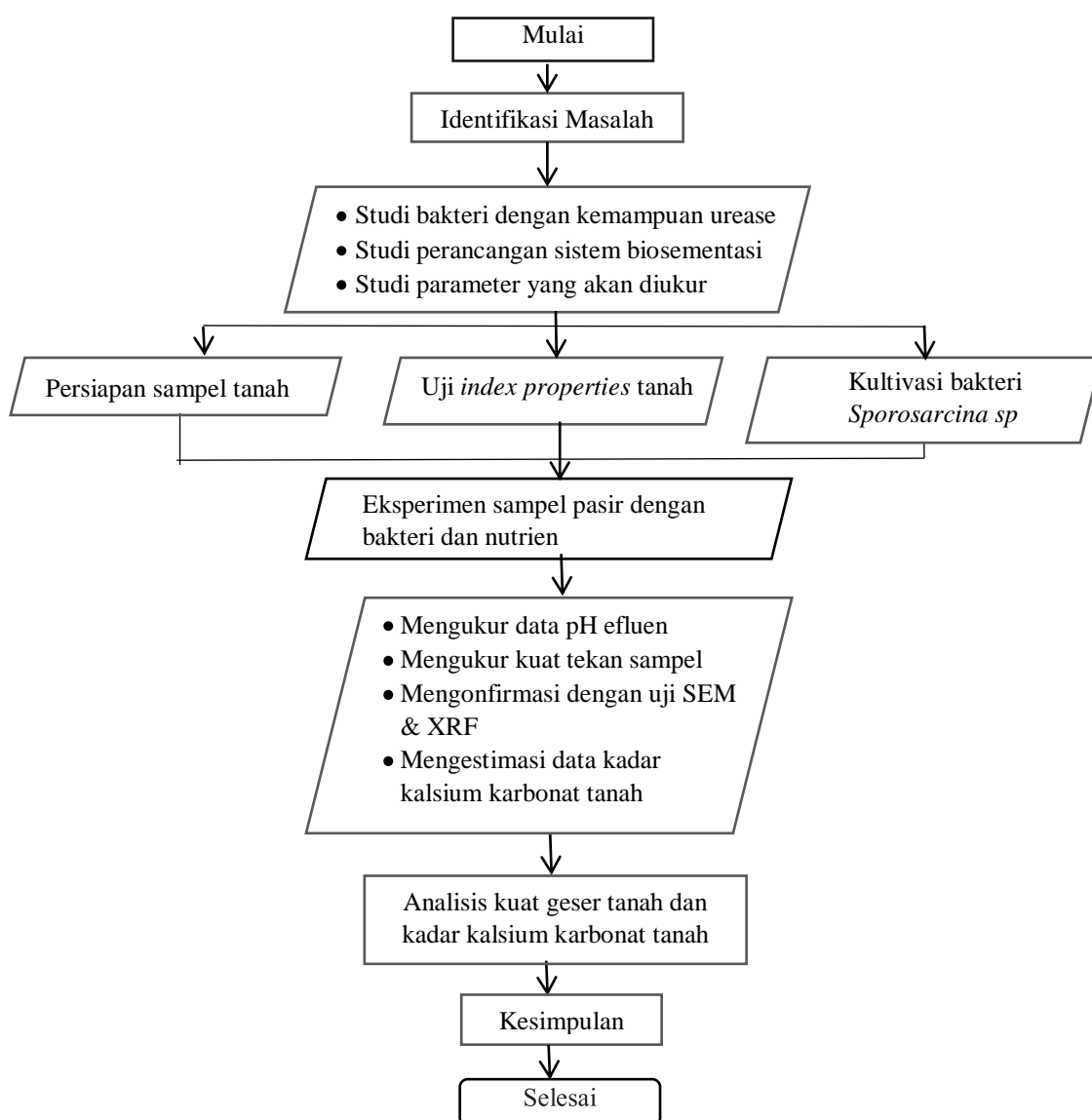
Menampilkan data hasil eksperimen kemudian dianalisa.

5. BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Memberi kesimpulan atas hasil analisa dan memberi saran untuk penelitian lanjutan.

1.7 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir di bawah ini bertujuan untuk menggambarkan jalannya penelitian secara lebih ringkas. Diagram dapat dilihat pada Gambar 1. 1



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian