

SKRIPSI

**UJI EKSPERIMENTAL METODE *ENZYME-INDUCED
CALCITE PRECIPITATION* (EICP) MENGGUNAKAN VARIASI
KECAMBAH BIJI-BIJIAN UNTUK MENINGKATKAN KUAT
GESER TANAH PASIR LEPAS**



**GHANIHILLMAN RAHADI OBSIDIAN
NPM : 6101901128**

PEMBIMBING: Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JULI 2024**

SKRIPSI

**UJI EKSPERIMENTAL METODE *ENZYME-INDUCED
CALCITE PRECIPITATION* (EICP) MENGGUNAKAN VARIASI
KECAMBAH BIJI-BIJIAN UNTUK MENINGKATKAN KUAT
GESER TANAH PASIR LEPAS**



**GHANIHILLMAN RAHADI OBSIDIAN
NPM : 6101901128**

PEMBIMBING: Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JULI 2024**

SKRIPSI

**UJI EKSPERIMENTAL METODE *ENZYME-INDUCED
CALCITE PRECIPITATION* (EICP) MENGGUNAKAN VARIASI
KECAMBAH BIJI-BIJIAN UNTUK MENINGKATKAN KUAT
GESER TANAH PASIR LEPAS**



**GHANIHILLMAN RAHADI OBSIDIAN
NPM : 6101901128**

BANDUNG, 23 JULI 2024

PEMBIMBING:

Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JULI 2024**

SKRIPSI

UJI EKSPERIMENTAL METODE *ENZYME-INDUCED CALCITE PRECIPITATION (EICP)* MENGGUNAKAN VARIASI KECAMBAH BIJI-BIJIAN UNTUK MENINGKATKAN KUAT GESER TANAH PASIR LEPAS



GHANIHILLMAN RAHADI OBSIDIAN
NPM : 6101901128

PEMBIMBING: Aswin Lim, Ph.D.

PENGUJI 1: Siska Rustiani, Ir., M.T.

PENGUJI 2: Martin Wijaya, S.T., Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JULI 2024

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Ghanihillman Rahadi Obsidian

Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 28 Mei 2001

NPM : 6101901128

1. JUDUL SKRIPSI : UJI EKSPERIMENTAL METODE ENZYME-INDUCED CALCITE PRECIPITATION MENGGUNAKAN VARIASI KECAMBAJ BIJI-BIJIAN UNTUK MENINGKATKAN KUAT GESER TANAH PASIR LEPAS.

Dengan ini Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah benar hasil karya tulis saya sendiri dan bebas plagiat. Adapun kutipan yang tertuang sebagian atau seluruh bagian pada karya tulis ini yang merupakan karya orang lain (buku, makalah, karya tulis, materi perkuliahan, internet, dan sumber lain) telah selayaknya saya kutip, sadur, atau tafsir dan dengan jelas telah melampirkan sumbernya. Bahwa tindakan melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat berupa peniadaan pengakuan atas karya ilmiah ini dan kehilangan hak keserjanaan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

(Kutipan pasal 25 ayat 2 UU no. 20 tahun 2003)

Bandung, 16 Juli 2024



A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Ghanihillman'.

Ghanihillman Rahadi Obsidian

**UJI EKSPERIMENTAL METODE *ENZYME-INDUCED
CALCITE PRECIPITATION* (EICP) MENGGUNAKAN
VARIASI KECAMBAH BIJI-BIJIAN UNTUK
MENINGKATKAN KUAT GESER TANAH PASIR LEPAS**

**GHANIHILLMAN RAHADI OBSIDIAN
NPM : 6101901128**

Pembimbing: Aswin Lim, Ph.D.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JULI 2024**

ABSTRAK

Uji eksperimental ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh metode *Enzyme-Induced Calcite Precipitation* (EICP) menggunakan variasi kecambah biji-bijian untuk meningkatkan kuat geser dari tanah pasir lepas. Metode *Enzyme-Induced Calcite Precipitation* (EICP) merupakan salah satu metode bio-sementasi dimana sementasi yang terbentuk dari pengendapan kalsium karbonat (CaCO_3) berasal dari pencampuran antara enzim urease yang diekstraksi dari kecambah biji-bijian dan larutan reagen yang terdiri dari campuran urea dan kalsium klorida (CaCl_2). Pengujian dilakukan dengan menguji nilai aktivitas urease dari enzim urease yang diekstraksi dari biji kedelai, biji kacang koro, dan biji semangka yang telah dikedambahkan. Pengujian sementasi dilakukan dengan waktu *treatment* selama 6 hari dan 10 hari, masing-masing waktu *treatment* diberikan waktu *curing* selama 5 hari. Hasil dari uji sementasi kemudian diuji menggunakan pocket penetrometer untuk mendapatkan nilai q_u dan diuji kadar kalsium karbonat nya. Nilai q_u yang dihasilkan dari sampel dengan waktu *treatment* 10 hari memiliki nilai $q_u > 500$ kPa dan memiliki kadar kalsium karbonat sebanyak 7,27%.

Kata Kunci: Enzim urease, Metode EICP, Bio-sementasi, Kalsium karbonat, Kuat geser

**EXPERIMENTAL TEST OF THE ENZYME-INDUCED
CALCITE PRECIPITATION (EICP) METHOD USING
VARIATIONS OF GRAIN SPROUTS TO INCREASE THE
SHEAR STRENGTH OF LOOSE SAND SOIL**

**GHANIHILLMAN RAHADI OBSIDIAN
NPM : 6101901128**

Advisor: Aswin Lim, Ph.D.

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BACHELOR PROGRAM
(Accredited by SK LAM Teknik No.0216/SK/LAM Teknik/AS/VIII/2023)
BANDUNG
JULY 2024**

ABSTRACT

The experimental study was conducted to determine the effect of the Enzyme-Induced Calcite Precipitation (EICP) method using variations of seed sprouts to increase the shear strength of loose sand soil. The Enzyme-Induced Calcite Precipitation (EICP) method is a bio-cementation method where the cementation formed from calcium carbonate (CaCO_3) precipitation originates from the mixture of urease enzyme extracted from seed sprouts and a reagent solution consisting of a mixture of urea and calcium chloride (CaCl_2). The testing was carried out by testing the urease activity value of the urease enzyme extracted from soybean seeds, sword beans, and watermelon seeds that had been sprouted. Cementation testing was conducted with treatment times of 6 days and 10 days, with each treatment time given a curing period of 5 days. The results of the cementation test were then tested using a pocket penetrometer to obtain the q_u value and tested for calcium carbonate content. The q_u value produced from samples with a treatment time of 10 days had a q_u value > 500 kPa and had a calcium carbonate content of 7.27%.

Keywords: Urease enzyme, EICP metode, Bio-cementation, Calcium carbonate, Shear strength

PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan Rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Uji Eksperimental Metode *Enzyme-Induced Calcite Precipitation* Menggunakan Variasi Kecambah Biji-Bijian Untuk Meningkatkan Kuat Geser Tanah Pasir Lepas”. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan program sarjana di program studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam proses penyelesaian skripsi ini, terdapat kesulitan yang dihadapi oleh penulis secara fisik dan mental. Namun, banyak bantuan, dukungan dan saran yang diterima oleh penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada orang-orang yang telah membantu penulis, yaitu :

1. Sani Obsidian dan Nilasari Savitri selaku orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan secara mental dan fisik kepada penulis.
2. Bapak Aswin Lim, Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan terbaik selama proses penyusunan skripsi.
3. Ibu Prof. Dr. Judy Retti B. Witono, Ir., M.App.Sc. selaku Kepala Laboratorium Pusat Studi Rekayasa Proses dan Produk Pangan Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan.
4. Ibu Anastasia Prima Kristijarti, S.Si., M.T. dan Ibu Lusiana S, S.Si selaku dosen dan analis laboratorium dari jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan bimbingan kepada penulis.
5. Bapak Andra, S.T., M.T. dan Bapak Yudi yang telah membantu penulis selama proses uji laboratorium.
6. Seluruh jajaran dosen dan staff Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan khusus nya dosen pengajar dari Komunitas Bidang Ilmu Geoteknik yang telah memberikan arahan dan masukan kepada penulis.
7. Wydelia Jawahir Amalia selaku pendamping yang selalu memberikan dukungan fisik dan mental kepada penulis.
8. Robertus Agung Nugraha, Raikhan Alyapi, Muafa Zaki, Irfan Bagas, Rayhan Adelino, Akbar Khadari, Barkah Hamzah dan sahabat-sahabat penulis yang lain nya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi terdapat kekurangan dan ketidaksempurnaan. Dengan demikian, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar penulis dapat berkembang di kemudian hari dan mengharapkan karya ilmiah skripsi penulis dapat bermanfaat bagi pembaca.

Bandung, 15 Juli 2024



Ghanihillman Rahadi Obsidian

61019011

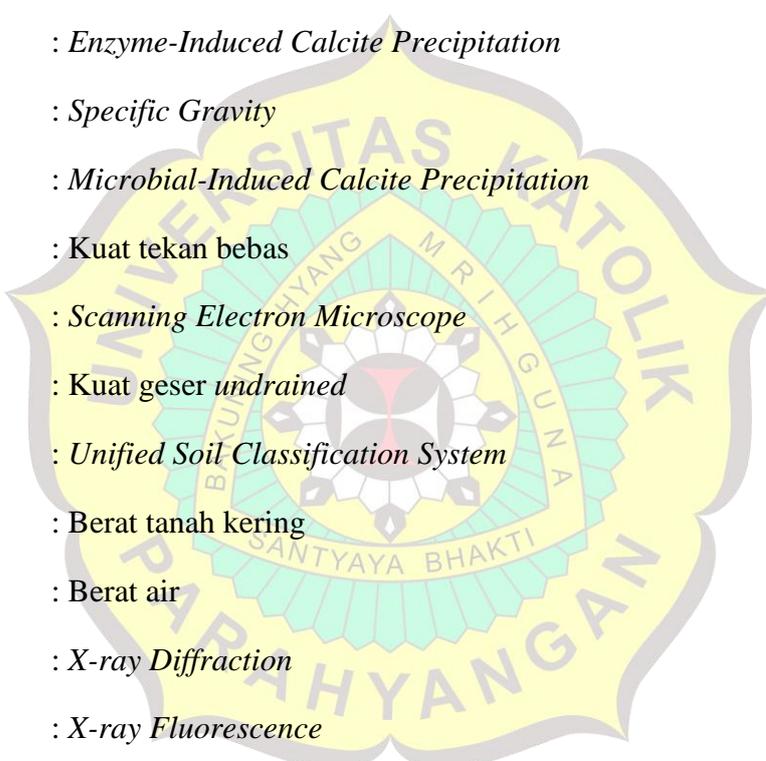


DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Inti Permasalahan	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Lingkup Bahasan	2
1.5 Metode Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
1.7 Diagram Alir Penelitian	4
BAB 2	5
DASAR TEORI	5
2.1 Tanah Pasir Lepas	5
2.2 Kuat Geser Tanah	5
2.3 Kuat Tekan Bebas	6
2.4 Index Properti	6
2.3.1 Uji Saringan	6
2.3.2 Uji Kadar Air	7
2.3.3 Uji Berat Jenis	7
2.3.4 Uji Berat Isi Tanah	8
2.5 Perbaikan Tanah	8
2.6 <i>Microbial-Induced Calcite Precipitation (MICP)</i> dan <i>Enzyme-Induced Calcite Precipitation (EICP)</i>	9
2.7 Konten Kalsium Karbonat (CCC)	9
2.8 <i>Pocket Penetrometer</i>	10

2.9	Uji Aktivitas Urease	10
2.10	Uji <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	10
2.11	Uji <i>X-ray Fluorescence</i> (XRF).....	11
2.12	Uji <i>X-ray Diffraction</i> (XRD).....	11
2.13	Studi Terdahulu.....	12
BAB 3	METODE PENELITIAN.....	14
3.1	Ekstraksi Enzim Urease	14
3.2	Uji Aktivitas Enzim Urease	16
3.3	Uji Saringan	18
3.4	Uji Kadar Air.....	19
3.5	Uji Berat Jenis (Gs).....	20
3.6	Uji Berat Isi	21
3.7	Uji Sementasi Tanah Pasir Lepas.....	22
	23
3.8	Uji <i>Pocket Penetrometer</i>	25
3.9	Uji Kadar Kalsium Karbonat (CCC).....	25
BAB 4	ANALISIS DATA	27
4.1	Index Properti Tanah Pasir.....	27
4.2	Aktivitas Urease	28
4.3	Uji Kuat Tekan Bebas dan Kadar Kalsium Karbonat (CCC)	30
4.4	Uji SEM, XRF, dan XRD	31
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN.....	35
5.1	Kesimpulan	35
5.2	Saran.....	35
	DAFTAR PUSTAKA	37
	LAMPIRAN 1 HASIL UJI <i>INDEX PROPERTIES</i>	38
	HASIL UJI <i>INDEX PROPERTIES</i>	38
	LAMPIRAN 2 HASIL UJI AKTTIVITAS UREASE.....	42
	LAMPIRAN 3 UJI SEMENTASI TANAH PASIR	46
	LAMPIRAN 4 HASIL UJI SEM, XRF, DAN XRD	49

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



ASTM	: <i>American Society of Testing Materials</i>
c	: Kohesi tanah
C_c	: Koefisien gradasi
CCC	: <i>Calcium Carbonate Content</i>
C_u	: Koefisien keseragaman
D_{10}, D_{30}, D_{60}	: Koefisien Permeabilitas Tanah (m/s)
EICP	: <i>Enzyme-Induced Calcite Precipitation</i>
G_s	: <i>Specific Gravity</i>
MICP	: <i>Microbial-Induced Calcite Precipitation</i>
q_u	: Kuat tekan bebas
SEM	: <i>Scanning Electron Microscope</i>
S_u	: Kuat geser <i>undrained</i>
USCS	: <i>Unified Soil Classification System</i>
W_s	: Berat tanah kering
W_w	: Berat air
XRD	: <i>X-ray Diffraction</i>
XRF	: <i>X-ray Fluorescence</i>
ω	: Kadar air
Φ	: Sudut geser dalam
τ	: Tegangan geser
γ_d	: Berat isi tanah kering

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1.1 (a) Kecambah kacang kedelai, (b) Kecambah kacang koro, (c) Kecambah biji semangka.	24
Gambar 3.1.2 (a) Penumbukan kecambah, (b) Pengadukan menggunakan magnetic stirrer, (c) Hasil pengadukan kecambah.	25
Gambar 3.1.3 (a) Sentrifugasi larutan kecambah, (b) Supernatan enzim urease.	26
Gambar 3.2.1 (a) Pencampuran sampel. (b) Inkubasi sampel.	27
Gambar 3.2.2 (a) Penambahan Na-tungsten dan H ₂ SO ₄ . (b) Sentrisugasi sampel.	17
Gambar 3.2.3 (a) Penambahan reagen Nessler, (b) Uji spektrofotometer.	28
Gambar 3.3.1 Uji saringan.	29
Gambar 3.4.1 Uji kadar air.	30
Gambar 3.5.1 Uji berat jenis menggunakan piknometer.	30
Gambar 3.6.1 Uji berat isi.	31
Gambar 3.7.1 Skema Uji Sementasi.	33
Gambar 4.3.2 Bongkahan hasil sementasi pada sampel KO 10+5H.	34
Gambar 3.8.1 Pengujian sampel KO 10+5H menggunakan pocket penetrometer.	25
Gambar 3.9.1 Perendaman tanah tersementasi menggunakan HCl 2M.	36
Gambar 4.1.1 Hasil Uji Saringan.	37
Gambar 4.2.1 Grafik hasil uji aktifitas urease.	39
Gambar 4.4.1 (a) Hasil uji SEM kerak wadah 500x dan (b) Hasil uji SEM kerak wadah 1500x (c) Hasil uji SEM sampel KO 10+5H dengan CaCl ₂ lab grade 600x (d) Hasil uji SEM sampel KO 10+5H dengan CaCl ₂ lab grade 2000x.	42
Gambar 4.4.2 (a) Hasil uji XRF unsur sampel KO 10+5H menggunakan CaCl ₂ lab grade dan (b) Hasil uji XRF komponen sampel KO 10+5H menggunakan CaCl ₂ lab grade.	43
Gambar 4.4.3 Hasil uji XRD sampel KO 10+5H menggunakan CaCl ₂ lab grade.	34

DAFTAR TABEL

Tabel 3.7.1 Komposisi Larutan Sementasi.....	30
Tabel 3.7.2 Rencana Uji Sementasi.....	31
Tabel 4.1.1 Hasil Uji Properti Pasir Silika	35



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 HASIL UJI INDEX PROPERTIES	46
LAMPIRAN 2 HASIL UJI AKTIVITAS UREASE	50
LAMPIRAN 3 UJI SEMENTASI TANAH PASIR	54
LAMPIRAN 4 HASIL UJI SEM, XRF, DAN XRD	57



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan infrastruktur di Indonesia sering kali berhadapan dengan masalah bencana alam salah satunya gempa bumi. Gempa bumi di Indonesia sangat sering terjadi akibat posisi geografis Indonesia bertepatan pada lempeng Eurasia dan Australia, hal tersebut yang menyebabkan Indonesia sangat rawan terjadi gempa bumi.

Peristiwa gempa bumi dapat menyebabkan kerusakan yang fatal pada infrastruktur jika bagian tanah pada dasar bangunan tidak memiliki daya dukung yang kuat untuk dijadikan pondasi bangunan. Terutama jika bangunan tersebut dibangun pada daerah dengan jenis tanah berpasir. Mengingat bahwa tanah pasir memiliki karakteristik tanah non-kohefif akan semakin mudah untuk kehilangan stabilitas dan kuat gesernya jika terkena gempa bumi. Peristiwa tanah pasir yang kehilangan kuat gesernya saat terjadi gempa ini kemudian dikenal dengan istilah likuifaksi (Lim dkk., 2019).

Menangani peristiwa tersebut, ada beberapa metode perbaikan tanah yang dapat dilakukan. Umumnya metode yang digunakan adalah metode yang menggunakan bahan dasar kimia seperti *chemical grouting* yang dapat memberikan dampak buruk bagi lingkungan. Solusi alternatif dari dampak kerusakan pada lingkungan tersebut adalah menggunakan *bio grouting* dengan metode *Enzyme-Induced Calcite Precipitation* (EICP).

Enzyme-Induced Calcite Precipitation (EICP) merupakan cabang dari *bio grouting* yang melibatkan enzim urease yang diekstraksi dari kecambah biji kedelai kemudian dicampurkan dengan larutan reagen sehingga terjadi presipitasi kristal kalsium karbonat yang nantinya akan mengikat partikel tanah pasir. Larutan reagen terdiri dari larutan urea dan kalsium klorida yang dicampurkan dengan takaran tertentu. Metode *Enzyme-Induced Calcite Precipitation* (EICP) dapat menjadi pilihan alternatif ramah lingkungan sebagai pengganti *chemical grouting*.

1.2 Inti Permasalahan

Melalui peninjauan latar belakang yang tertera pada sub bab 1.1, bisa didapatkan inti permasalahan untuk penelitian ini yaitu dibutuhkan uji variasi biji-bijian sebagai sumber enzim urease dan variasi waktu *treatment* untuk mengetahui pengaruh dari metode *Enzyme-Induced Calcite Precipitation* (EICP) yang diaplikasikan pada tanah pasir lepas terhadap kuat geser tanah dengan metode pemeraman dalam tabung.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi biji kacang kedelai, biji semangka, dan biji kacang koro sebagai sumber enzim terhadap nilai aktivitas urease.
2. Mengetahui pengaruh nilai aktivitas urease terhadap kuat geser tanah pasir lepas dengan aplikasi *Enzyme-Induced Calcite Precipitation* (EICP) dengan metode pemeraman dalam tabung.
3. Mengetahui pengaruh waktu *treatment* terhadap kuat geser tanah pasir lepas dengan aplikasi *Enzyme-Induced Calcite Precipitation* (EICP) dengan metode pemeraman dalam tabung.
4. Mengetahui pengaruh sumber kalsium klorida (CaCl_2) *lab grade* dan generik terhadap kuat geser tanah pasir lepas dengan aplikasi *Enzyme-Induced Calcite Precipitation* (EICP) dengan metode pemeraman dalam tabung.

1.4 Lingkup Bahasan

Pada penelitian ini lingkup bahasan dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Sampel tanah yang digunakan adalah pasir silika
2. Sumber enzim urease diekstraksi dari kecambah biji kedelai, biji semangka, dan biji kacang koro.
3. Sumber kalsium yang digunakan untuk larutan reagen adalah kalsium klorida (CaCl_2) dengan kualitas *lab grade* dan generik.

4. Sumber Urea yang digunakan untuk larutan reagen adalah pupuk urea nitrat ((NH₂)₂CO).

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Literatur
2. Uji laboratorium
3. Analisis Data

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, lingkup bahasan, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian.

BAB 2 DASAR TEORI

Bab ini membahas landasan teori dan konsep yang digunakan dalam penelitian.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas persiapan sampel dan prosedur uji laboratorium untuk memperoleh data yang digunakan untuk penelitian.

BAB 4 ANALISIS DATA

Bab membahas hasil analisis dan pengolahan data yang diperoleh dari uji laboratorium.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab membahas kesimpulan serta saran dari penelitian yang dilakukan untuk menunjang penelitian selanjutnya.

1.7 Diagram Alir Penelitian

