

IN SITU SOYBEAN CRUDE UREASE CALCITE PRECIPITATION (SCU-CP) UNTUK PERKUATAN TANAH PASIR

FAUZAN RAFLYNUR ANANDA



**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “In Situ Soybean Crude Urease Calcite Precipitation (SCU-CP) untuk Perkuatan Tanah Pasir” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Oktober 2024

Fauzan Raflynur Ananda
F4501231012



RINGKASAN

FAUZAN RAFLYNUR ANANDA. In Situ Soybean Crude Urease Calcite Precipitation (SCU-CP) untuk Perkuatan Tanah Pasir. Dibimbing oleh HERIANSYAH PUTRA dan ERIZAL.

Pasir memiliki daya dukung rendah karena parameter kuat geser yang rendah dan tidak memiliki kohesi. Perbaikan kimiawi lebih efektif daripada fisik karena tidak memerlukan alat berat. Salah satu metode kimiawi yang digunakan adalah Enzyme-Mediated Calcite Precipitation (EMCP), tetapi penggunaan enzim urease murni kurang ekonomis untuk skala lapangan. Oleh karena itu, metode Soybean Crude Urease Calcite Precipitation (SCU-CP) digunakan sebagai solusi dengan menggantikan urease murni menggunakan kacang kedelai. Penelitian ini mengaplikasikan SCU-CP pada skala lapangan dan laboratorium untuk memperkuat tanah pasir menggunakan Cone Penetration Test (CPT) dan Unconfined Compression Strength (UCS), dengan variasi 1, 2, dan 3 pore volumes (PV). Uji kuantifikasi kalsit juga dilakukan untuk mengetahui jumlah dan distribusi kalsit yang terbentuk dengan metode acid leaching. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode SCU-CP berhasil meningkatkan nilai q_c pada CPT untuk pasir kasar dan halus, dengan nilai tertinggi pada 3 PV masing-masing sebesar 1,28 MPa dan 2,01 MPa. Pada uji UCS skala laboratorium, nilai tertinggi untuk pasir kasar dan halus pada 3 PV masing-masing adalah 331,13 kPa dan 104,38 kPa. Pada skala lapangan, nilai UCS untuk pasir kasar dan halus adalah 193,19 kPa dan 210,84 kPa. Distribusi kalsit yang terbentuk seragam, dengan kandungan kalsit aktual mencapai 27,66% hingga 34,10% dari massa teoritis.

Kata kunci: CPT, kalsit, SCU-CP, tanah pasir, UCS

SUMMARY

FAUZAN RAFLYNUR ANANDA. In Situ Soybean Crude Urease Calcite Precipitation (SCU-CP) For Sand Soil Reinforcement. Supervised by HERIANSYAH PUTRA and ERIZAL.

Sand has a low bearing capacity due to its low shear strength parameters and lack of cohesion. Chemical improvement is more effective than physical methods as it does not require heavy equipment. One such chemical method is Enzyme-Mediated Calcite Precipitation (EMCP); however, using pure urease enzyme is uneconomical for field applications. Therefore, the Soybean Crude Urease Calcite Precipitation (SCU-CP) method is used as a solution by substituting pure urease with soybeans. This study applies SCU-CP at both field and laboratory scales to reinforce sand using the Cone Penetration Test (CPT) and Unconfined Compression Strength (UCS) tests, with variations of 1, 2, and 3 pore volumes (PV). A calcite quantification test was also conducted to determine the amount and distribution of calcite formed using the acid leaching method. The results showed that the SCU-CP method successfully increased q_c values in the CPT for coarse and fine sand, with the highest values at 3 PV being 1.28 MPa and 2.01 MPa, respectively. In laboratory UCS tests, the highest values for coarse and fine sand at 3 PV were 331.13 kPa and 104.38 kPa, respectively. In the field scale, UCS values for coarse and fine sand were 193.19 kPa and 210.84 kPa, respectively. The formed calcite distribution was uniform, with actual calcite content reaching 27.66% to 34.10% of the theoretical mass.

Keywords: *calcite, CPT, sandy soil, SCU-CP, UCS*



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

IN SITU SOYBEAN CRUDE UREASE CALCITE PRECIPITATION (SCU-CP) UNTUK PERKUATAN TANAH PASIR

FAUZAN RAFLYNUR ANANDA

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1 Dr. Satyanto Krido Saptomo, S.TP, M.Si.



@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

Judul Tesis : In Situ Soybean Crude Urease Calcite Precipitation (SCU-CP)
untuk Perkuatan Tanah Pasir
Nama : Fauzan Raflynur Ananda
NIM : F4501231012

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Eng. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng
NIP. 19900209 201803 1 001

Pembimbing 2:

Dr. Ir. Erizal, M.Agr. IPU.
NIP. 19650106 199002 1 001



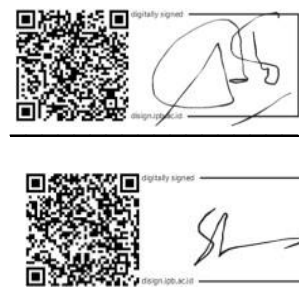
Diketahui oleh

Ketua Program Studi

Dr. Satyanto Krido Saptomo, S.TP., M.Si.
NIP. 19730411 200501 1 002

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian

Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M. Agr.
NIP. 19610502 198603 1 002



Tanggal Ujian: 28 Agustus 2024

Tanggal Lulus: 01 OCT 2024



PRAKATA

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhaanahu Wa Ta'aala yang telah memberikan limpahan karunia dan nikmat-Nya sehingga tesis dengan judul "In Situ Soybean Crude Urease Calcite Precipitation (SCU-CP) untuk Perkuatan Tanah Pasir pada Skala Lapangan" ini dapat diselesaikan.

Terima kasih penulis ucapkan kepada pihak yang berperan dalam proses penelitian dan penyelesaian tesis ini, khususnya kepada:

1. Dr. Eng. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng. selaku ketua komisi pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran dalam penelitian selama pendidikan sarjana dan pascasarjana
2. Dr. Ir. Erizal, M.Agr., IPU., selaku Ketua Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan IPB sekaligus anggota komisi pembimbing yang telah memberikan arahan dan saran dalam penyusunan tesis.
3. Dr. Satyanto Krido Saptomo, S.TP., M.Si. selaku Ketua Program Studi S2 Teknik Sipil dan Lingkungan dan dosen penguji pada saat proses sidang akhir
4. Bapak Edi, Bapak Heru, Bapak Dayat selaku tenaga pendidik yang telah memberikan bantuan dan arahan selama proses penelitian.
5. Staf Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan IPB yang telah membantu dalam administrasi selama pendidikan pascasarjana.
6. Ayahanda Hadi Charirunnas dan Ibunda Firliyanti atas dukungan dan do'a yang diberikan.
7. Rekan-rekan GeoMac (Baqir, Gary, Zayyaan, Ais, Angga, Maulina, Chandra, Dimas, Resti, Naufal, dan Gagah) atas bantuan dan dukungan selama proses penelitian serta penyusunan tesis.
8. Rekan-rekan SINERGI 56 yang telah memberikan dukungan dan semangat selama pendidikan pascasarjana.
9. Rashida Azzahra yang telah memberi bantuan dan dukungan selama menyelesaikan pendidikan pascasarjana

Semoga tesis ini bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan memudahkan bagi pihak yang membutuhkan

Bogor, Oktober 2024

Fauzan Rafllynur Ananda

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Konsep Metode <i>Calcite Precipitation</i>	4
2.2 Parameter Kuat Geser Tanah Pasir	5
2.3 <i>Soil Behavior Type</i> (SBT)	5
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Penelitian	7
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Sifat Fisik Tanah	12
4.2 Peningkatan Nilai UCS pada Pasir	13
4.3 Nilai <i>Cone Penetration Test</i> (CPT) pasir skala lapangan	15
4.4 Distribusi kalsit pada pasir	17
V SIMPULAN DAN SARAN	19
5.1 Simpulan	19
5.2 Saran	19
DAFTAR PUSTAKA	20
LAMPIRAN	24
RIWAYAT HIDUP	31



DAFTAR TABEL

1	<i>Soil Behavior Type</i> (SBT) tanah CPT	6
2	Kondisi eksperimental pengujian	11
3	Sifat fisik tanah	12

DAFTAR GAMBAR

1	Mekanisme pembentukkan kalsit pada tanah	4
2	Bahan yang digunakan pada penelitian	7
3	Skematik pembuatan larutan SCU-CP	8
4	Skema pengujian distribusi kalsit	9
5	Skema pengujian UCS lapangan dengan <i>soil pocket penetrometer</i>	10
6	Skema pengujian CPT di lapangan	10
7	Diagram alir penelitian SCU-CP skala lapangan	11
8	Distribusi Ukuran Butiran Pasir	13
9	Nilai UCS dengan variasi jumlah penuangan SCU-CP	13
10	Persentase kalsit pada sampel pasir UCS	14
11	Perbandingan nilai UCS 3 PV pada Skala Lab dan Lapangan	15
12	<i>Soil Behavior Type</i> (SBT) pada CPTNilai q_c pada pasir SCU-CP	17
13	Nilai q_c pada pasir SCU-CP	16
14	Distribusi kalsit pada pasir	18
15	Perbandingan massa kalsit aktual dan teoritis	18

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Nilai q_c pada pengujian <i>Cone Penetration Test</i> (CPT) pada setiap kedalaman	25
Lampiran 2	Nilai R_f pada pengujian <i>Cone Penetration Test</i> (CPT) pada setiap kedalaman	26
Lampiran 3	Dokumentasi pengujian <i>Cone Penetration Test</i> (CPT)	27
Lampiran 4	Dokumentasi pengujian <i>Unconfined Compression Strength</i> (UCS)	29