

**KONTROL POLIMORF KALISUM KARBONAT DENGAN
OPTIMALISASI METODE SOYBEAN CRUDE UREASE-CALCITE
PRECIPITATION (SCU-CP) SEBAGAI PERBAIKAN TANAH**

ZAYYAAN NABIILA KHAIRUNNISA



**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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Kontrol Polimorf Kalsium Karbonat dengan Optimalisasi Metode *Soybean Crude Urese-Calcite Precipitation* (SCU-CP) sebagai Perbaikan Tanah” 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, Agustus 2024

Zayyaan Nabiila Khairunnisa

F4501231010



@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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RINGKASAN

ZAYYAAN NABIILA KHAIRUNNISA. Kontrol Polimorf Kalisum Karbonat dengan Optimalisasi Metode *Soybean Crude Urease-Calcite Precipitation* (SCU-CP) Sebagai Perbaikan Tanah. Dibimbing oleh Dr. Eng. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng. dan Dr. Ir Erizal, M. Agr. IPU.

Metode perbaikan tanah telah dikembangkan dari metode konvensional menjadi metode *bio-mediated*, di mana perbaikan tanah memanfaatkan reaksi kimia dari aktivitas biologi. Salah satu metode *bio-mediated* yang sedang dikembangkan adalah metode *Soybean Crude Urease-Calcite Precipitation* (SCU-CP) yang memanfaatkan kedelai sebagai katalis dalam penguraian urea menjadi mineral kalsium karbonat (CaCO_3) hasil reaksi antara urea dan kalsium klorida. Pada penelitian ini, efektivitas SCU-CP dievaluasi dengan beberapa kondisi, yaitu penggunaan kedelai mentah dan kedelai *dormancy break*, variasi ekstraksi kedelai dengan etanol 30%, variasi konsentrasi kedelai, dan rasio molar reagen. Efektivitas SCU-CP dievaluasi berdasarkan laju hidrolisis, presipitasi kalsit, analisis mikrostruktur, dan kuat tekan bebas. Berdasarkan hasil yang diperoleh, ditemukan bahwa perbedaan antara kedelai mentah dan kedelai *dormancy break* tidak mempengaruhi laju hidrolisis dan presipitasi kalsit. Namun, penggunaan etanol 30% dapat menurunkan laju hidrolisis sebesar 9 - 10% pada konsentrasi kedelai 20 g/L dan 22 - 29% pada konsentrasi kedelai 100 g/L dengan hasil presipitasi yang hampir sama dengan SCU-CP tanpa etanol 30%. Analisis mikrostruktur menunjukkan bahwa sebagian besar polimorf CaCO_3 yang terbentuk adalah vaterit pada semua sampel, namun penggunaan etanol 30% dan perbandingan molar reagen dapat membentuk kalsit. Kuat tekan tanah pasir dengan perbandingan molar reagen diperoleh hasil 23,45 - 23,66 kPa yang masih lebih rendah jika dibandingkan dengan metode EICP dengan enzim urease murni. Penggunaan etanol 30% sebagai pelarut kedelai dan perbandingan molar reagen dapat dijadikan perlakuan untuk mengontrol polimorf CaCO_3 pada metode SCU-CP.

Kata kunci: *dormancy break*, etanol, kalsit, kedelai



@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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

SUMMARY

ZAYYAAN NABIILA KHAIRUNNISA. Controlling Calcium Carbonate Polymorph With Optimization of Soybean Crude Urease-Calcite Precipitation (SCU-CP) Method as Soil Improvement. Supervised by Dr. Eng. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng. and Dr. Ir Erizal, M.Agr. IPU.

Soil improvement methods have been developed from conventional methods to bio-mediated methods, where soil improvement utilizes chemical reactions from biological activity. One of the bio-mediated methods being developed is the Soybean Crude Urease-Calcite Precipitation method which utilizes soybeans as a catalyst in the breakdown of urea to form calcium carbonate (CaCO_3) minerals as a result of the reaction between urea and calcium chloride. In this study, the effectiveness of SCU-CP was conducted with some conditions, i.e. the use of raw soybeans and dormancy break soybeans, variations in soybean extraction with ethanol 30%, variations in soybean concentration, and molar ratio of reagents. The effectiveness of SCU-CP was evaluated based on hydrolysis rate, calcite precipitation, microstructural analysis, and unconfined compressive strength. Based on the results obtained, it was found that the difference between raw soybean and dormancy break soybean did not affect the hydrolysis rate and calcite precipitation. However, the use of ethanol 30% can reduce the hydrolysis rate by 9 - 10% at a concentration of 20 g/L soybeans and 22 - 29% at a concentration of 100 g/L soybeans with almost the same precipitation results as SCU-CP without 30% ethanol. Microstructure analysis showed that most of the CaCO_3 polymorphs formed were vaterite in all samples, but the use of 30% ethanol and the molar ratio of reagents could form calcite. The compressive strength of sandy soil with variation of molar ratio of reagents obtained results of 23.45 - 23.66 kPa which is still lower when compared to the EICP method with pure urease enzyme. The use of 30% ethanol as a soybean solvent and molar ratio of reagents can be used as a treatment to control CaCO_3 polymorphs in the SCU-CP method.

Keywords: calcite, dormancy break, ethanol, soybean



@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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin 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 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

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.

**KONTROL POLIMORF KALISUM KARBONAT DENGAN
OPTIMALISASI METODE SOYBEAN CRUDE UREASE-CALCITE
PRECIPITATION (SCU-CP) SEBAGAI PERBAIKAN TANAH**

ZAYYAAN NABIILA KHAIRUNNISA

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



@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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1 Prof. Dr. Ir. Asep Sapei, M.S.



@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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Penelitian : Kontrol Polimorf Kalsium Karbonat dengan
Optimalisasi Metode *Soybean Crude Urease-
Calcite Precipitation* (SCU-CP) sebagai Perbaikan
Tanah
Nama : Zayyaan Nabiila Khairunnisa
NIM : F4501231010

Disetujui oleh

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



Dosen 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: 09 Agustus 2024

Tanggal Lulus:



@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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

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 “Kontrol Polimorf Kalsium Karbonat dengan Optimalisasi Metode *Soybean Crude Urease-Calcite Precipitation* (SCU-CP) sebagai Perbaikan Tanah” ini dapat diselesaikan.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan pada pihak-pihak yang berperan dalam proses penyelesaian tesis ini, khususnya kepada

1. Dr. Eng. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng. selaku ketua komisi pembimbing yang telah membimbing sekaligus menginspirasi penulis 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. Staf Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan IPB yang telah membantu dalam administrasi selama pendidikan pascasarjana
4. Ayahanda Alm. Tresna Setiabudi, Ibunda Vidia Yunarti, dan kedua adik saya, Zharfan Mazaya Tamammuddin dan Zayba Kamila Mahdiya yang telah memberikan doa dan dukungan yang tiada hentinya
5. Om Heru dan Mimi Vini yang telah memberi bantuan dan dukungan selama menyelesaikan pendidikan pascasarjana
6. Rekan-rekan GEO-MAC Lab yang telah membantu dan memberikan semangat selama proses penyusunan tesis
7. Rekan-rekan SINERGI 56 yang telah memberikan dukungan dan semangat selama pendidikan pascasarjana
8. Staf Badan Pengembangan Kampus Berkelanjutan (BPKB) IPB yang telah memberikan dukungan dan keleluasaan selama proses penyusunan tesis
9. Made Chandra Aruna Putra dan ibu Neviaty Putri Zamani 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, Agustus 2024

Zayyaan Nabiila Khairunnisa



@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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

PRAKATA	xvii
DAFTAR ISI	xix
DAFTAR TABEL	xx
DAFTAR GAMBAR	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xx
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kristal Kalsium Karbonat	5
2.2 <i>Soybean Crude Urease-Calcite Precipitation (SCU-CP)</i>	5
III METODE	7
3.1 Waktu dan Tempat	7
3.2 Alat dan Bahan	7
3.3 Prosedur Penelitian	7
3.3.1 Uji Indeks Propertis Tanah	9
3.3.2 Ekstraksi Kedelai	9
3.3.3 Uji Laju Hidrolisis	10
3.3.4 Uji Presipitasi Kalsit	12
3.3.5 Uji pH	14
3.3.6 Analisis Mikrostruktural	15
3.3.7 Uji Kuat Tekan Bebas	15
3.3.8 <i>Acid Leaching</i>	15
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	16
5.1 Indeks Propertis Tanah	16
5.2 Laju Hidrolisis	18
5.3 Presipitasi Kalsit	19
4.4 Analisis Mikrostruktural	20
4.5 Kuat Tekan Tanah	23

SIMPULAN DAN SARAN	26
6.1 Simpulan	26
6.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	34

DAFTAR TABEL

1 Standar yang digunakan untuk uji indeks propertis tanah	9
2 Kondisi eksperimental uji laju hidrolisis	10
3 Kondisi eksperimental pengujian presipitasi kalsit	12

DAFTAR GAMBAR

1 Polimorf CaCO ₃	5
2 Proses presipitasi kalsit	6
3 Bahan yang digunakan pada penelitian	7
4 Diagram alir prosedur penelitian	8
5 Skema ekstraksi kedelai	10
6 Skema pengujian laju hidrolisis	11
7 Kurva standar laju hidrolisis	11
8 Hasil uji presipitasi kalsit	12
9 Skema pembuatan larutan SCU-CP	13
10 Skema uji presipitasi kalsit	13
11 Skema proses <i>furnace</i>	14
12 Skema proses pengujian pH	14
13 Skema pengujian kuat tekan bebas	15
14 Skema pengujian <i>acid leaching</i>	16
15 Grafik gradasi tanah	17
16 Klasifikasi tanah USCS	17
17 Nilai laju hidrolisis	18
18 Komposisi massa presipitasi	20
19 Hasil SEM	21
20 pH pada larutan SCU-CP	22
21 Komposisi senyawa pada massa prespitasi	23
22 Kuat tekan tanah dengan variasi perbandingan molar reagen	24
23 Kondisi sampel	25

DAFTAR LAMPIRAN

1 Kebutuhan larutan dan pasir	34
-------------------------------	----

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.