



OPTIMALISASI PERTUMBUHAN AKAR VETIVER DENGAN KOMBINASI MODULAR DAN BIOSTIMULAN AKAR PADA METODE *SOIL BIOENGINEERING*

MUHAMMAD REZA NURMANSYAH



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026



@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 DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Optimalisasi Pertumbuhan Akar Vetiver Dengan Kombinasi Modular dan Bio-stimulan Akar Pada Metode *Soil Bioengineering*” adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi 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 disertasi ini.

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

Bogor, Agustus 2026

Muhammad Reza Nurmansyah
F0507251015



@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

MUHAMMAD REZA NURMANSYAH. Optimalisasi Pertumbuhan Akar Vetiver Menggunakan Kombinasi Modular dan Biostimulan Akar Pada Metode *Soil Bioengineering*. Dibimbing oleh HERIANSYAH PUTRA dan CHUSNUL ARIF.

Penurunan stabilitas lereng yang disebabkan oleh aktivitas penggalian tanah selama pembangunan jalan tol merupakan masalah geoteknik yang memerlukan upaya mitigasi melalui stabilisasi lereng. Metode stabilisasi lereng konvensional berbasis beton, meskipun efektif secara struktural, namun menghasilkan emisi CO₂ yang signifikan, sehingga bertentangan dengan prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penerapan metode *soil bioengineering* menggunakan vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) dengan kombinasi perlakuan modular goni, biostimulan mikoriza (AMF), dan pengaturan kelembaban tanah untuk mengoptimalkan perkembangan akar vetiver sebagai stabilisasi lereng. Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium dengan delapan kombinasi perlakuan yang mencakup variasi penggunaan modular goni, pengaplikasian biostimulan mikoriza, dan pengaturan kelembaban tanah (25–35% dan 35–45%), dengan pengamatan pada 30, 60, dan 90 hari setelah tanam (HST). Parameter yang dianalisis meliputi biometrik vegetasi, rasio area akar (RAR), kuat tarik akar, dan kuat geser tanah yang ditanami vegetasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi modular dan biostimulan mikoriza menghasilkan respons pertumbuhan akar tertinggi, dengan panjang akar mencapai ± 54 cm dan nilai RAR mencapai 29% pada 90 HST, serta korelasi positif yang kuat antara panjang akar dan RAR ($R^2 = 0,9216$). Kuat tarik akar tertinggi diperoleh pada perlakuan kombinasi modular dan biostimulan mikoriza pada kadar air tanah 25–35%, mencapai 72,5 MPa pada diameter akar 0,4 mm. Pada 90 HST, perlakuan A1 mencapai nilai kohesi tertinggi sebesar $7,70 \pm 0,32$ kPa dengan bobot akar $4,24 \pm 0,07$ gram dan sudut gesek internal $10,89^\circ \pm 1,83^\circ$, merepresentasikan peningkatan sekitar 3,6 kali dibandingkan kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sinergi antara geotekstil modular, biostimulan mikoriza, dan pengelolaan kelembaban yang optimal berpotensi menjadi solusi stabilisasi lereng yang efektif dan ramah lingkungan untuk proyek infrastruktur jalan raya di Indonesia.

Kata kunci: Vetiver, *soil bioengineering*, modular, biostimulan mikoriza, stabilisasi lereng



SUMMARY

MUHAMMAD REZA NURMANSYAH. Optimization of Vetiver Roots Growth using a Combination of Modular Structures and Root Biostimulants in Soil Bioengineering. Supervised by HERIANSYAH PUTRA and CHUSNUL ARIF.

The degradation of slope stability caused by earth-cutting activities during highway construction is a geotechnical issue that necessitates systematic and sustainable management. Conventional concrete-based slope stabilization methods, while structurally effective, generate significant CO₂ emissions, thereby contradicting the principles of sustainable development. This study aims to examine the effectiveness of soil bioengineering methods that integrate vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) with modular jute fiber geotextiles, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) bio-stimulants, and soil moisture control to optimize root system development for slope stabilization. The study was conducted on a laboratory scale with eight treatment combinations covering variations in the use of jute fiber modular units, application of mycorrhizal bio-stimulants, and two soil moisture regimes (25–35% and 35–45%), with observations at 30, 60, and 90 days after planting (DAP). The parameters analyzed included vegetation biometrics, root area ratio (RAR), root tensile strength, and shear strength of vegetated soil.

The results showed that the combination of jute fiber modules and a mycorrhizal bio-stimulant produced the highest root growth response, with root length reaching ± 54 cm and RAR values up to 29% at 90 DAP, and a strong positive correlation between root length and RAR ($R^2 = 0.9216$). At 90 days after sowing, treatment A1 achieved the highest cohesion value of 7.70 ± 0.32 kPa, with a root weight of 4.24 ± 0.07 grams and an internal friction angle of $10.89^\circ \pm 1.83^\circ$, representing an increase of approximately 3.6 times compared to the control. The research results indicate that the synergy among modular geotextiles, mycorrhizal bio-stimulants, and optimal moisture management has the potential to serve as an effective, environmentally friendly slope stabilization solution for highway infrastructure projects in Indonesia.

Keywords: Vetiver grass, soil bioengineering, modular, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), slope reinforcement

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.



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 2026
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.



@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.

OPTIMALISASI PERTUMBUHAN AKAR VETIVER DENGAN KOMBINASI MODULAR DAN BIOSTIMULAN AKAR PADA METODE *SOIL BIOENGINEERING*

MUHAMMAD REZA NURMANSYAH

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

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University





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

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
Dr. Ir. Erizal, M.Agr.

Perpustakaan IPB University

Judul Tesis : Optimalisasi Akar Vetiver Dengan Kombinasi Modular dan Biostimulan Akar Pada Metode *Soil Bioengineering*

Nama : Muhammad Reza Nurmansyah

NIM : F0507251015

Disetujui oleh

Pembimbing I:

Dr. Eng. Ir. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng., IPM.

NIP. 19909209 201803 1 001



Pembimbing II:

Prof. Dr. Ir. Chusnul Arif, S.TP., M.Si., IPM.

NIP. 19801206 200501 1 004



Mengetahui

Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan:

Prof. Dr. Ir. Satyanto Krido Saptomo, S.TP., M.Si.

NIP. 19730411 200501 1 002



Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi:

Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.

NIP. 19610502 198603 1 002



Tanggal Ujian: 31 Juli 2026

Tanggal Lulus:

05 AUG 2026



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

Perpustakaan IPB University



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Oktober 2025 sampai Juli 2026 ini ialah mitigasi stabilisasi lereng, dengan judul “Optimalisasi Pertumbuhan Akar Vetiver Dengan Kombinasi Modular dan Biostimulan Akar Pada Metode *Soil Bioengineering*”.

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

1. Dr. Eng. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng. dan Prof. Dr. Ir. Chusnul Arif, S.TP., M.Sc. selaku komisi pembimbing yang telah membimbing serta memberikan masukan dalam penelitian dan penyusunan tesis.
2. Prof. Dr. Satyanto Krido Saptomo, S.TP., M.Si. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil dan Lingkungan yang telah membantu dalam memberikan arahan serta saran dalam penyusunan tesis.
3. Bapak Suma Adiwijaya dan Ibu Nurjanah, Dwi Rahmania Aulia atas dukungan dan doa yang senantiasa diberikan.
4. Vatica Choerunisa Ariyanto yang telah kebersamai selama perkuliahan dan memberikan dukungan selama penyusunan tesis.
5. Rekan-rekan satu bimbingan, GEOMAC 58 dan 59 atas bantuan dan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan tesis.
6. Valdo dan Teguh, Gian rekan satu kontrakan M-21 yang telah kebersamai selama perkuliahan
7. Rekan-rekan mahasiswa Pascasarjana Prodi Teknik Sipil dan Lingkungan angkatan 58 (SIL 58) yang telah memberikan dukungan selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan..

Bogor, Agustus 2026

Muhammad Reza Nurmansyah



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

Perpustakaan IPB University

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Stabilisasi Lereng	5
2.2 <i>Soil Bioengineering</i>	5
2.3 Tanaman Vetiver	6
2.4 Optimalisasi Pertumbuhan Akar Vetiver	7
III. METODE	9
3.1 Waktu dan Tempat	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Penelitian	10
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Sifat Fisik (<i>Index Properties</i>) Tanah	17
4.2 Pengaruh Modular dan Penambahan Biostimulan Akar Pada Biometrik Vegetasi	18
4.3 Pengaruh Pengaturan Kelembapan Tanah Pada Biometrik Akar	20
4.4 Hubungan Panjang Akar Vetiver dengan Rasio Area Akar (RAR)	22
4.5 Analisis Kuat Tarik Akar Vetiver	23
4.6 Kontribusi Akar Vetiver terhadap Parameter Kuat Geser Tanah	25
4.7 Pemodelan Regresi Linier Sederhana Faktor Biometrik Akar dan Mekanis Tanah	28
IV. SIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Simpulan	32
5.2 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	38
RIWAYAT HIDUP	42



DAFTAR TABEL

1	Desain penelitian penggunaan vegetasi untuk perkuatan lereng	11
2	Hasil uji <i>properties</i> tanah	17
3	Model regresi pengaruh karakteristik akat terhadap kohesi	28
4	Model regresi pengaruh variasi perlakuan terhadap panjang akar	29
5	Model regresi pengaruh parameter biometrik lain terhadap panjang akar	30
6	Persamaan Prediksi Kohesi	31

DAFTAR GAMBAR

1	Ilustrasi sistem perakaran vetiver	6
2	Ilustrasi pertumbuhan akar vetiver	7
3	Lokasi pengambilan Sampel	9
4	Skema penentuan sampel	10
5	Diagram Alir Prosedur Penelitian	12
6	Ilustrasi Penanaman Vetiver	13
7	Ilustrasi alat uji kuat tarik akar	15
8	Skema uji geser langsung	16
9	Hasil analisis segitiga tekstur tanah	17
10	Perbandingan respon pertumbuhan vetiver pada 30 HST (a) Tampak arsitekstur rumput vetiver (b) Aktual pertumbuhan vetiver pada media penanaman	18
11	Pengaruh modular dan biostimulan terhadap biometrik vegetasi (a) Panjang akar (b) Panjang Daun	19
12	Pengaruh kelembapan tanah terhadap biometrik vetiver (a) kelembapan tanah sampel dengan modular, (b) kelembapan tanah sampel tanpa modular (c) panjang akar	21
13	Hubungan antara panjang akar dan rasio area akar (RAR)	22
14	Hubungan antara diameter akar dan gaya maksimum (F_{max})	23
15	Hubungan antara diameter akar dan kuat tarik akar (T_r)	24
16	Hasil pengujian kuat geser tanah	26
17	Hubungan kohesi dan bobot akar	27
18	Hasil validasi kesesuaian data prediksi dan data uji laboratorium	31

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data Biometrik Vegetasi	39
2	Data Pengujian Kuat Tarik Akar	40
3	Data Pengujian Kuat Geser Langsung	41