

STIMULASI PERAKARAN VETIVER UNTUK MENINGKATKAN KUAT GESER TANAH DALAM USAHA MITIGASI LONGSOR

GENESIS LORENZO S



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 TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Stimulasi Perakaran Vetiver untuk Meningkatkan Kuat Geser Tanah dalam Usaha Mitigasi Longsor” 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, 22 Juli 2026

Genesis Lorenzo S
F4501232025



RINGKASAN

GENESIS LORENZO S. Stimulasi Perakaran Vetiver untuk Meningkatkan Kuat Geser Tanah dalam Usaha Mitigasi Longsor. Dibimbing oleh HERIANSYAH PUTRA, ERIZAL, dan NIZAR NASRULLAH.

Bencana longsor di wilayah tropis dengan curah hujan tinggi merupakan ancaman serius yang umumnya dimitigasi melalui pendekatan rekayasa bio-teknik menggunakan tanaman vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty). Meskipun perakarannya efektif berfungsi sebagai tulang tanah hidup, penerapan metode ini memiliki keterbatasan teknis, yaitu terdapatnya jeda waktu rentan erosi antara fase awal penanaman hingga terbentuknya sistem perakaran yang kuat. Dalam mengatasi kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis respons pertumbuhan morfologi dan distribusi biomassa akar akibat induksi stimulan biologis (mikoriza dan *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* / PGPR) serta kimiawi (*Indole-3-Butyric Acid* / IBA), mengevaluasi besaran peningkatan kohesi tanah dan efisiensi biomekanis akar, serta menentukan potensi akselerasi waktu pencapaian target kekuatan tanah sebagai solusi mitigasi longsor jangka pendek. Eksperimen ini dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pada kolom tanah terkontrol berupa pipa yang ditempatkan di lingkungan terbuka. Evaluasi parameter mekanika tanah kemudian dilakukan melalui uji geser langsung (*direct shear test*) pada interval pengamatan 30, 45, 60, 75, dan 90 Hari Setelah Tanam (HST). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi stimulan secara nyata memodulasi arsitektur perakaran vetiver tanpa mengganggu keseimbangan fisiologis rasio tajuk-akar, sekaligus meningkatkan kohesi tanah total (c) dan kohesi akar (cR') secara substansial. Seluruh perlakuan stimulan terbukti memberikan peningkatan parameter kohesi akar (cR') yang jauh melampaui tanaman tanpa perlakuan (kontrol) yang memiliki efisiensi kohesi dasar sebesar 9,56 kPa per satuan rasio massa akar. Perlakuan Mikoriza memberikan efisiensi perkuatan kohesi akar (cR') tertinggi sebesar 23,11 kPa, atau meningkat 2,42 kali lipat dibandingkan kontrol. Perlakuan hormon IBA menempati peringkat kedua dengan efisiensi kohesi akar (cR') sebesar 22,02 kPa, atau meningkat 2,30 kali lipat terhadap kontrol. Sementara itu, perlakuan PGPR memberikan efisiensi kohesi akar (cR') sebesar 19,38 kPa, atau meningkat 2,03 kali lipat dibandingkan kontrol. Pada akhir pengamatan (90 HST), kohesi tanah perlakuan berstimulan konsisten mencapai 14–15 kPa, jauh melampaui tanaman kontrol yang melandai di bawah 9 kPa. Perlakuan Mikoriza terbukti mengakselerasi stabilisasi lereng, di mana kapasitas perkuatan tanah kontrol umur 90 HST mampu disamai hanya dalam waktu 45 HST. Pemangkasan jeda waktu (temporal lag) ini efektif meminimalkan risiko kerentanan awal lereng sebagai solusi mitigasi jangka pendek rekayasa bio-geoteknik.

Kata kunci: Bio-engineering, kohesi, stabilitas lereng, stimulan akar, vetiver

SUMMARY

GENESIS LORENZO S. Vetiver Root Stimulation to Increase Soil Shear Strength for Landslide Mitigation. Advised by HERIANSYAH PUTRA, ERIZAL, and NIZAR NASRULLAH.

Landslides in tropical regions with high rainfall are a serious threat that is generally mitigated through a bio-engineering approach using vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty). Although its root system effectively functions as living soil reinforcement, the application of this method has technical limitations, namely, the presence of a time window vulnerable to erosion between the initial planting phase and the formation of a strong root system. To address this gap, this study aims to analyze the response of root morphological growth and biomass distribution resulting from the induction of biological stimulants (mycorrhizae and plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR)) and chemical stimulants (Indole-3-Butyric Acid / IBA), to evaluate the extent of improvement in soil cohesion and root biomechanical efficiency, and to determine the potential for accelerating the time required to achieve target soil strength as a short-term landslide mitigation solution. This experiment was designed using a Randomized Block Design (RBD) on controlled soil columns in the form of pipes placed in an open environment. Evaluation of soil mechanical parameters was then conducted via direct shear tests at observation intervals of 30, 45, 60, 75, and 90 Days After Planting (DAP). The results of the study indicate that the application of the stimulant significantly modulates the root architecture of vetiver without disrupting the physiological balance of the shoot-to-root ratio, while substantially increasing total soil cohesion (c) and root cohesion (cR'). All stimulant treatments were found to increase the root cohesion parameter (cR') to levels far exceeding those of untreated plants (controls), which had a baseline cohesion efficiency of 9.56 kPa per unit root mass ratio. The mycorrhiza treatment yielded the highest root cohesion efficiency (cR') at 23.11 kPa, representing a 2.42-fold increase compared to the control. The IBA hormone treatment ranked second with a root cohesion efficiency (cR') of 22.02 kPa, representing a 2.30-fold increase compared to the control. Meanwhile, the PGPR treatment yielded a root cohesion efficiency (cR') of 19.38 kPa, representing a 2.03-fold increase compared to the control. At the end of the observation period (90 HST), the soil cohesion of the stimulated treatment consistently reached 14–15 kPa, far exceeding that of the control, which declined to below 9 kPa at the same time. The mycorrhizal treatment accelerated slope stabilization, as the soil reinforcement capacity of the 90-HST-old control was matched in only 45 HST. Reducing this temporal lag effectively minimizes the risk of initial slope vulnerability as a short-term biogeotechnical mitigation solution.

Keywords: Bio-engineering, root cohesion, root stimulants, slope stability, vetiver

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.

STIMULASI PERAKARAN VETIVER UNTUK MENINGKATKAN KUAT GESER TANAH DALAM USAHA MITIGASI LONGSOR

GENESIS LORENZO S

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister 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



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

Perpustakaan IPB University



Judul Tesis : Stimulasi Perakaran Vetiver untuk Meningkatkan Kuat Geser Tanah Dalam Usaha Mitigasi Longsor
Nama : Genesis Lorenzo S
NIM : F4501232025

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



Pembimbing 3:
Dr. Ir. Nizar Nasrullah, M.Agr.
NIP 19620118 198601 1 001



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. 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: 22 Juli 2026

Tanggal Lulus: 03 AUG 2026



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga tesis ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang dipilih dengan judul “Stimulasi Perakaran Vetiver untuk Meningkatkan Kuat Geser Tanah Dalam Usaha Mitigasi Longsor” merupakan salah satu syarat melaksanakan penelitian pada Program Studi Magister Teknik Sipil dan Lingkungan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

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

1. Dr. Eng. Ir. Heriansyah Putra, S.Pd., M.Eng. selaku ketua komisi pembimbing yang telah membimbing, memberikan arahan dan saran dalam penyelesaian tesis.
2. Dr. Ir. Erizal, M.Agr., IPU. selaku anggota komisi pembimbing kedua yang telah membimbing, memberikan arahan dan saran dalam penyelesaian tesis.
3. Dr. Ir. Nizar Nasrullah, M.Agr. selaku anggota komisi pembimbing ketiga yang telah membimbing, memberikan arahan dan saran dalam penyelesaian tesis.
4. Bapak Anggiat Bangun Siahaan, Ibu Jemelita Nababan, Kevin Martua Siahaan, dan Putri Aurora Siahaan serta keluarga besar atas doa dan dukungan kepada penulis sehingga senantiasa semangat dalam menyelesaikan studi program magister dengan baik.
5. Rekan-rekan GEO-MAC Lab yang telah membantu dan memberikan semangat selama proses penyusunan tesis.
6. Rekan-rekan SIL IPB yang telah memberikan dukungan dan semangat selama pendidikan pascasarjana.

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

Bogor, 22 Juli 2026

Genesis Lorenzo S



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	5
1.5 Ruang Lingkup	5
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Stabilitas Lereng	6
2.2 Rumput Vetiver	7
2.3 Stimulan	10
III METODE	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Prosedur Kerja	14
3.3.1 Analisis fisika dan kimia tanah	17
3.3.1 Penanaman dan perawatan vetiver	17
3.3.2 Pengamatan dimensi akar dan daun	19
3.3.3 Pengujian kuat geser langsung	19
3.4 Analisis Data	20
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Sifat Fisik dan Kimia Tanah	22
4.2 Pengaruh Stimulan terhadap Pertumbuhan dan Alokasi Biomassa Vetiver	24
4.2.1 Pengaruh Stimulan terhadap Pertumbuhan Akar	24
4.2.2 Pengaruh Stimulan terhadap Pertumbuhan Tajuk	27
4.2.3 Pengaruh Stimulan terhadap Rasio Tajuk-Akar	31
4.2.4 Pengaruh Vetiver terhadap Peningkatan Kohesi Tanah	34
V SIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Simpulan	40
5.2 Saran	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	50
RIWAYAT HIDUP	57

DAFTAR TABEL

1	Klasifikasi pada <i>Chrysopogon</i> (USDA 2012)	8
2	Tingkat adaptasi tanaman vetiver (Truong <i>et al.</i> 2008)	10
3	Desain penelitian penggunaan vegetasi dengan penambahan stimulan untuk stabilitas lereng dengan penggunaan media pipa dalam pengujian kuat geser tanah	14
4	Metode Analisis Sifat Fisika-Kimia Tanah	17
5	Hasil uji sifat fisik tanah asli	22
6	Hasil uji sifat kimia tanah	23
7	Rata-rata berat kering dan panjang akar vetiver pada berbagai perlakuan dan interval pengamatan.	26
8	Rata-rata berat kering dan panjang tajuk vetiver pada berbagai perlakuan dan interval pengamatan.	29
9	Rata-rata luas daun vetiver pada berbagai perlakuan dan interval pengamatan.	31
10	Rasio tajuk-akar vetiver pada berbagai perlakuan dan interval pengamatan.	33

DAFTAR GAMBAR

1	Bentuk longsor pada lereng (Craig 1992)	7
2	Perbedaan antara akar <i>C. zizanioides</i> dan <i>C. nemoralis</i> (Truong <i>et al.</i> 2008)	8
3	Morfologi tanaman vetiver yang telah digali (Mickovski <i>et al.</i> 2005)	9
4	Pipa paralon sebagai media penanaman vetiver (verina-2)	13
5	Diagram alir prosedur penelitian	16
6	Alur skematik penanaman vetiver (verina-2) dengan perlakuan 3 jenis stimulan	18
7	Alur skematik perawatan vetiver (verina-2) dengan perlakuan 3 jenis stimulan	19
8	Dinamika pertumbuhan akar vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>) ditinjau dari parameter panjang dan berat kering pada berbagai perlakuan	25
9	Rata-rata berat kering dan panjang daun vetiver pada berbagai perlakuan stimulan selama periode 30–90 HST	28
10	Rata-rata luas daun vetiver pada berbagai perlakuan stimulan selama periode 30–90 HST	31
11	Rasio tajuk akar pada berbagai perlakuan stimulan selama periode 30–90 HST	32
12	Korelasi antara rasio massa akar dan peningkatan kohesi total <i>c</i> tanpa perlakuan stimulan	35
13	Korelasi antara rasio massa akar dan peningkatan kohesi total <i>c</i> setelah pemberian mikoriza	36
14	Korelasi antara rasio massa akar dan peningkatan kohesi total <i>c</i> setelah pemberian IBA	37

15	Korelasi antara rasio massa akar dan peningkatan kohesi total c setelah pemberian PGPR	38
16	Dinamika temporal kohesi akar (cR') sebagai fungsi akumulasi biomassa pada sampel vetiver kontrol dan terstimulasi (30–90 HST)	39

DAFTAR LAMPIRAN

1	Lampiran 1 Dokumentasi tampilan layout di lapangan	51
2	Lampiran 2 Dokumentasi pengujian kuat geser langsung	51
3	Lampiran 3 Dokumentasi pengukuran panjang tajuk menggunakan meteran fiber	52
4	Lampiran 4 Dokumentasi tampilan tanah di dalam pipa setelah dibuka	52
5	Lampiran 5 Dokumentasi pengukuran panjang akar menggunakan meteran fiber	53
6	Lampiran 6 Dokumentasi pengukuran luas daun menggunakan Leaf Area Meter	53
7	Lampiran 7 Tabel pengujian berat jenis tanah asli	54
8	Lampiran 8 Tabel pengujian berat jenis tanah modifikasi	55
9	Lampiran 9 Hasil pengujian sifat kimia tanah asli	56
10	Lampiran 10 Klasifikasi tekstur tanah berdasarkan USDA 2012	56