

**EFEKTIVITAS BIOSILIKA DAN ASAM HUMAT TERHADAP JERAPAN
LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN KADMIUM (Cd) PADA TANAH
LEMPUNG BERPASIR**

TESIS

**untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Mencapai Program Magister**

PROGRAM STUDI MAGISTER AGROTEKNOLOGI



Diajukan Oleh :

M. GHUFRON CHAKIM

NPM. 19063020002

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
SURABAYA
2022**

TESIS

**EFEKTIVITAS BIOSILIKA DAN ASAM HUMAT TERHADAP
JERAPAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN KADMIIUM (Cd)
PADA TANAH LEMPUNG BERPASIR**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh :


M. GHUFRON CHAKIM
NPM : 19063020002


Telah dipertahankan di depan Penguji pada tanggal 25 Mei 2022 dan telah dinyatakan memenuhi syarat untuk diterima

SUSUNAN DEWAN PENGUJI

Pembimbing I


Penguji I



Dr. Ir. Wanti Mindari, MP
NIP. 19631208 199003 2 001


Dr. Ir. Rosyda Priyadarshini, MP
NIP. 19670319 199103 2 002

Pembimbing II

Penguji II



Dr. Ir. Bakti Wisnu Widajani, MP
NIP. 19631005 198703 2 001



Dr. Ir. Moch. Arifin, MT
NIP. 19650502 199203 1 001

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Pertanian

Koordinator Program Studi
Magister Agroteknologi


Dr. Ir. R.A. Nora Augustien K, M.P
NIP. 19590824 198703 2 001


Dr. Ir. Penta Suryaminarsih, M.P
NIP. 19600526 198703 2 001

PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam Naskah TESIS ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain dan disebutkan dalam sumber kutipan dan pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah TESIS ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia TESIS ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (MAGISTER) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan perundangundangan yang berlaku (UU No 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Surabaya, 1 Juni 2022

Yang menyatakan,



M. Ghufro Chakim
NPM: 19063020002

EFEKTIVITAS BIOSILIKA DAN ASAM HUMAT TERHADAP JERAPAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb) DAN KADMIUM (Cd) DI TANAH BERPASIR

M. Ghufron Chakim 19063020002, Dr. Ir. Wanti Mindari, MP (pembimbing utama)
Dr. Ir. Bakti Wisnu Widjajani (pembimbing pendamping)

Ringkasan Penelitian

Karakteristik tanah yang terdegradasi salah satunya memiliki tekstur tanah berpasir, hal ini disebabkan hilangnya lapisan tanah bagian atas (*top soil*). Kandungan pasir yang cukup tinggi 50-70% menyebabkan penurunan kesuburan tanah. Kondisi tanah berpasir memiliki KTK rendah, KB rendah hingga kondisi tata hara dan air buruk. Ketersediaan logam berat yang tinggi menjadi ancaman bagi tanaman budidaya, hal ini menjadi potensi ancaman bagi kualitas hasil tanaman pangan. Usaha dalam perbaikan kondisi lahan tercemar logam berat yakni dengan pemberian bahan pembenah tanah. Tujuan penelitian yakni untuk mengkaji (1) potensi biosilika dan asam humat terhadap khelat logam berat di tanah berpasir, (2) efektivitas kombinasi bahan pembenah tanah biosilika dan asam humat serta (3) dosis optimal pembenah tanah yang digunakan sebagai material remediasi tanah tercemar logam berat

Metode penelitian yang dilakukan yakni dengan simulasi cemaran logam berat pada tanah berpasir skala pot. Media tanam yang digunakan yakni tanah berpasir dengan berat 7 kg pot⁻¹ dan ditambahkan 200 mg kg⁻¹ PbSO₄.7H₂O dan 20 mg kg⁻¹ CdCl₂.2H₂O. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 2 faktor yakni faktor pertama dosis biosilika S0 (0 ton ha⁻¹), S1 (0,5 ton ha⁻¹), S2 (1,0 ton ha⁻¹), dan S3 (1,5 ton ha⁻¹). Faktor kedua dosis asam humat H0 (0 kg ha⁻¹), H1 (20 kg ha⁻¹), H2 (40 kg ha⁻¹), dan H3 (60 kg ha⁻¹). Jumlah kombinasi perlakuan yakni 16 perlakuan yang diulang 3 kali. Parameter pengamatan tanah meliputi tekstur 3 fraksi, pH, C-org, NPK, KTK dan logam berat tersedia. Pengamatan tanaman meliputi produktivitas tanaman, biomassa tanaman, serapan hara dan logam berat total. Pengamatan pembenah tanah meliputi pH, C-org, NPK, KTK, logam berat. Analisis data meliputi analisis tabel sidik ragam (ANOVA), uji BNJ 5% apabila muncul beda nyata pada data pengamatan. Data pengamatan diuji dengan korelasi dan determinasi dan korelasi antar parameter pengamatan.

Hasil penelitian menunjukkan perlakuan biosilika dan asam humat mampu meningkatkan kemampuan jerap pada tanah berpasir. Dibuktikan dengan nilai KTK tanah perlakuan kombinasi biosilika dan asam humat mengalami peningkatan dibandingkan perlakuan kontrol (S0H0). Kombinasi S1H3 dengan dosis biosilika 0,5 t ha⁻¹ dan asam humat 60 kg ha⁻¹ menjadi perlakuan optimal dalam peningkatan KTK tanah. Perlakuan kombinasi kurang efektif untuk menurunkan ketersediaan logam berat. Biosilika menunjukkan hasil tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5% sedangkan perlakuan asam humat dosis 20 kg ha⁻¹ (H1) menunjukkan hasil optimal dalam menurunkan ketersediaan logam berat cadmium (Cd) dan timbal (Pb).

Kombinasi biosilika dan asam humat tidak menunjukkan hasil berbeda nyata untuk efektivitas jerapan logam. Perlakuan asam humat 40 kg ha⁻¹ (H2) memiliki efektivitas maksimal 90,49% jerap Pb dan 76,33% jerap Cd. Perlakuan asam humat 20 kg ha⁻¹ (H1) memiliki nilai efektivitas optimal 88,37% jerap Pb dan 71,47% jerap Cd. Kombinasi perlakuan biosilika dan asam humat memberikan arah yang berbeda dalam penelitian. Biosilika juga memiliki peranan dalam peningkatan produksi tanaman serta memberikan perbaikan karakteristik tanah. Asam humat memiliki peranan dalam mengurangi ketersediaan logam berat dan menekan serapan logam berat dalam jaringan tanaman.

Kata kunci : Efektivitas jerapan, biosilika, asam humat, ketersediaan logam berat.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan hidayahnya, sehingga penyusunan tesis dengan judul **“Efektivitas Biosilika dan Asam Humat Terhadap Jerapan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Tanah Lempung Berpasir”** dapat terselesaikan. Penyusunan tesis ini untuk memenuhi kegiatan penelitian, bertujuan untuk memberikan wawasan dan informasi bagi pembaca mengenai efektivitas penggunaan biosilika dan asam humat dalam peningkatan jerap logam berat pada tanah berpasir.

Pelaksanaan kegiatan penelitian yang meliputi pengumpulan data pendukung, penyiapan rancangan penelitian, penyiapan media tanam dan tanaman, pengamatan parameter pertumbuhan, analisa laboratorium, interpretasi data hingga pembuatan laporan hasil penelitian. Selama penyusunan thesis penulis banyak dibantu oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan terima kasih kepada:

- 1) Dr. Ir. Wanti Mindari, MP selaku pembimbing utama dan Dr. Ir. Bakti Wisnu Widjajani, MP selaku pembimbing kedua yang selalu membimbing mulai dari penyusunan proposal
- 2) Dr. Ir. Penta Suryaminarsih, MP selaku Koordinator program studi Magister Agroteknologi,
- 3) Dr. Ir. R.A. Nora Augustien K., M.P selaku Dekan Fakultas Pertanian UPN Veteran Jawa Timur,
- 4) Keluarga yang selalu memberikan dukungan baik berupa do'a dan semangat,
- 5) Keluarga Agroteknologi S1 dan S2 yang selalu memberi semangat.

Penulis menyadari bahwa penyusun proposal thesis ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Semoga proposal ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Tanah Berpasir	3
2.2 Logam Berat, Mobilitas dan Ketersediaan di Tanah	4
2.3.1. Logam Timbal (Pb).....	5
2.3.2. Logam Kadmium (Cd).....	6
2.3 Tanaman Padi (<i>Oryza sativa L.</i>) pada Lahan Tercemar Logam	6
2.4 Senyawa Humat.....	7
2.4.1. Asam Humat	7
2.4.2. Asam Fulvat	10
2.5 Biosilika	11
2.6 Kemampuan Biosilika dan Asam Humat Terhadap Ketersediaan Hara Tanah	12
2.6.1. Biosilika	12
2.6.2. Asam Humat.....	14
2.7 Kemampuan Biosilika dan Asam Humat terhadap Jerapan Logam Berat	15
2.7.1. Biosilika	15
2.7.2. Asam Humat	16
2.8 Mekanisme Serapan Hara dan Logam Berat dalam Jaringan Tanaman	17
2.8.1. Serapan Hara Nutrisi	17
2.8.2. Serapan Logam Berat	18
2.9 Hipotesis Penelitian	20
III. METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	21
3.3 Rancangan Penelitian.....	21

3.4	Pelaksanaan Penelitian	21
3.4.1	Ekstraksi Asam Humat.....	21
3.4.2	Ekstraksi Bio-Silika	22
3.4.3	Penyiapan Media Tanam	22
3.4.4	Penambahan Logam Berat dalam Media Tanam	22
3.4.5	Penambahan Bahan Pembenh Tanah	23
3.4.6	Penyiapan Bibit dan Penanaman.....	23
3.4.7	Perawatan Tanaman.....	23
3.4.8	Pemanenan Tanaman	24
3.4.9	Pengambilan Sampel Tanah.....	24
3.5	Parameter Pengamatan.....	24
3.5.1	Media tanam	24
3.5.2	Jaringan Tanaman	24
3.6	Diagram Alur Penelitian	25
3.7	Metode Analisis Laboratorium	26
3.8	Metode Analisa Data	27
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1	Karakteristik Tanah Awal	28
4.2	Karakteristik Biosilika dan Asam Humat	29
4.3	Pengaruh Biosilika dan Asam Humat Terhadap Hara Tanah dan Serapan Hara Tanaman.....	30
4.3.1.	Status Hara Tanah	30
4.3.2.	Serapan Hara Tanaman	36
4.4	Pengaruh Biosilika dan Asam Humat Terhadap Ketersediaan Logam Berat Tanah dan Serapan Logam Berat Tanaman.....	39
4.4.1.	Ketersediaan Logam Berat	39
4.4.2.	Serapan Logam Berat Tanaman.....	42
4.5	Pengaruh Biosilika dan Asam Humat Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman.....	45
4.5.1.	Pertumbuhan Tanaman	45
4.5.2.	Produksi Tanaman.....	47
4.6	Efektivitas Peningkatan Jerap Logam Berat setelah Perlakuan Biosilika dan Asam Humat.....	50
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1	Kesimpulan.....	53

5.2	Saran	53
	DAFTAR PUSTAKA	54
	LAMPIRAN.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mobilitas logam berat di tanah (Bruemmer et al., 1986)	5
Gambar 2. Model struktur dari asam humat (Stevenson, 1994).....	8
Gambar 3. Fraksionisasi asam humat, asam fulvat dan humin (Stevenson, 1994).....	8
Gambar 4. Model struktur dari asam fulvat	10
Gambar 5. Siklus silika pada tanah sistem padi sawah (Meharg dan Meharg, 2015)	11
Gambar 6. Skema ikatan asam humat dengan kation (Mindari et al., 2022)	14
Gambar 7. Ilustrasi mekanisme jerapan kation logam oleh silika	16
Gambar 8. Mekanisme serapan logam dalam jaringan tanaman (Bhat et al., 2019)..	19
Gambar 9. Diagram kerangka berpikir penelitian	25
Gambar 10. Pengaruh C-organik terhadap nilai KTK tanah	35
Gambar 11. Pengaruh pH tanah terhadap P-tersedia tanah	35
Gambar 12. Pengaruh pH tanah terhadap K-dd tanah	36
Gambar 13. Pengaruh P-tersedia (AH) terhadap P bagian akar dan batang	38
Gambar 14. Pengaruh K-dd (BS) terhadap K pada akar dan batang	39
Gambar 15. Pengaruh pH tanah (Si) terhadap konsentrasi logam berat	41
Gambar 16. Pengaruh pH tanah (AH) terhadap konsentrasi logam berat	42
Gambar 17. Pengaruh amelioran terhadap produksi gabah basah ($t\ ha^{-1}$)	48
Gambar 18. Pengaruh amelioran terhadap produksi gabah kering ($t\ ha^{-1}$)	49
Gambar 19. Persiapan media tanam tanah berpasir dalam pot	70
Gambar 20. Penyemaian bibi tanaman padi varietas Cibogo.....	70
Gambar 21. Karakterisasi biosilika dan asam humat.....	70
Gambar 22. Kondisi padi di greenhouse pada fase vegetatif	71
Gambar 23. Kondisi tanaman di greenhouse pada fase generatif	71
Gambar 24. Pengamatan rutin meliputi panjang, jumlah anakan	71
Gambar 25. Kegiatan pengukuran panjang tanaman padi	72
Gambar 26. Tanaman padi saat memasuki fase pembentukan bulir	72
Gambar 27. Pengamatan tanaman padi fase generatif	72
Gambar 28. Tanaman padi usia 60 hst perlakuan S0H0, S0H1, S0H2, S0H3 ...	73
Gambar 29. Tanaman padi usia 60 hst perlakuan S1H0, S1H1, S1H2, S1H3 ...	73
Gambar 30. Tanaman padi usia 60 hst perlakuan S2H0, S2H1, S2H2, S2H3 ...	73
Gambar 31. Tanaman padi usia 60 hst perlakuan S3H0, S3H1, S3H2, S3H3 ...	74
Gambar 32. Tanaman padi usia 90 hst perlakuan S0H0, S0H1, S0H2, S0H3 ...	74
Gambar 33. Tanaman padi usia 90 hst perlakuan S1H0, S1H1, S1H2, S1H3 ...	74

Gambar 34. Tanaman padi usia 90 hst perlakuan S2H0, S2H1, S2H2, S2H3 ... 75

Gambar 35. Tanaman padi usia 60 hst perlakuan S3H0, S3H1, S3H2, S3H3 ... 75

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Persyaratan logam berat dalam tanah dan tanaman	5
Tabel 2. Kandungan unsur hara asam humat.....	9
Tabel 3. Kandungan gugus fungsional dalam asam humat dan asam fulvat	9
Tabel 4. Kandungan unsur silika pada berbagai sumber material	11
Tabel 5. Rancangan kombinasi faktor dosis biosilika dan asam humat.....	21
Tabel 6. Parameter pengamatan dan metode analisis laboratorium	26
Tabel 7. Karakteristik tanah awal setelah inkubasi logam.....	28
Tabel 8. Karakteristik pembenah tanah biosilika dan asam humat.....	29
Tabel 9. Kandungan hara tanah pada 7 HSP	31
Tabel 10. Kandungan hara tanah pada 90 HSP	33
Tabel 11. Matriks korelasi parameter pengamatan penelitian.....	34
Tabel 12. Nilai serapan hara N, P dan K jaringan tanaman	37
Tabel 13. Kandungan logam Pb dan Cd tersedia pada 7hsp dan 90hsp	39
Tabel 14. Serapan logam berat Pb dan Cd pada setiap bagian tanaman	43
Tabel 15. Data pertumbuhan tanaman pada fase panen	46
Tabel 16. Data produksi tanaman pada fase panen	47
Tabel 17. Tingkat efektivitas jerapan logam berat pembenah tanah.....	51
Tabel 18. Biaya produksi asam humat.....	67
Tabel 19. Biaya produksi biosilika	67
Tabel 20. Estimasi biaya bahan pembenah tanah per hektar (Ha).....	67
Tabel 21. Data ANOVA tanah 7hsp	68
Tabel 22. Data ANOVA tanah 90hsp	68
Tabel 23. Data ANOVA pertumbuhan tanaman padi.....	68
Tabel 24. Data ANOVA serapan hara dan logam berat akar tanaman.....	69
Tabel 25. Data ANOVA serapan hara dan logam berat batang daun tanaman	69
Tabel 26. Data ANOVA serapan hara dan logam berat bulir tanaman.....	69
Tabel 27. Data ANOVA biomassa dan produksi tanaman padi.....	69