

**KARAKTERISTIK FISIK TANAH PADA PROSES
STABILISASI TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN METODE
AERASI DENGAN PENAMBAHAN PASIR**

SKRIPSI



Oleh :

FAIQ PANDU MAHAJANA

21034010120

**KEMENTRIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2025**

**KARAKTERISTIK FISIK TANAH PADA PROSES
STABILISASI TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN METODE
AERASI DENGAN PENAMBAHAN PASIR**

SKRIPSI



Oleh :

FAIQ PANDU MAHAJANA

21034010120

**KEMENTRIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2025**

**KARAKTERISTIK FISIK TANAH PADA PROSES
STABILISASI TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN METODE
AERASI DENGAN PENAMBAHAN PASIR**

SKRIPSI

**Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST.)
Program Studi Teknik Lingkungan.**

Diajukan Oleh :

FAIQ PANDU MAHAJANA

NPM: 21034010120

**KEMENTRIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR
FAKULTAS TEKNIK DAN SAINS
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
SURABAYA
2025**

LEMBAR PERSETUJUAN

**KARAKTERISTIK FISIK TANAH PADA PROSES
STABILISASI TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN METODE
AERASI DENGAN PENAMBAHAN PASIR**

Disusun Oleh :

FAIQ PANBU MAHAJANA
NPM. 21034010120

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,

Pembimbing

Muhammad Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc.
NIP. 19940727 202406 1001

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur**



Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR PENGESAHAN**KARAKTERISTIK FISIK TANAH PADA PROSES
STABILISASI TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN METODE
AERASI DENGAN PENAMBAHAN PASIR**

Disusun Oleh :


Faiq Panah Mahajana
NPM. 21034010120Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal
Serambi Engineering (Terakreditasi Sinta 4)

Menyetujui,

Pembimbing

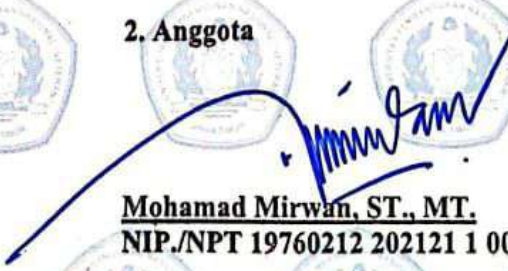

M. Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc.
NIP./NPT 19940727 202406 1001

TIM PENGUJI

1. Ketua


Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T.
NIP./NPT 19620501 198803 1 001

2. Anggota


Mohamad Mirwan, ST., MT.
NIP./NPT 19760212 202121 1 004Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur
Prof. Dr. Dra. Jarivah, M.P.
NIP. 19650403 199103 2 001

LEMBAR REVISI

**KARAKTERISTIK FISIK TANAH PADA PROSES
STABILISASI TIMBAL (Pb) MENGGUNAKAN METODE
AERASI DENGAN PENAMBAHAN PASIR**

Disusun Oleh:

FAIQ PANDU MAHAJANA
NPM. 21034010120

Telah direvisi dan disahkan pada tanggal 30 Oktober 2025

TIM PENILAI

KETUA

Ir. Tuhu Agung Rachmanto, M.T.
NIP./NPT 19620501 198803 1 001

ANGGOTA

Mohamad Mirwan, ST., MT.
NIP./NPT 19760212 202121 1 004

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Faiq Pandu Mahajana

NPM : 21034010120

Program : Sarjana(S1)

Program Studi : Teknik Lingkungan

Fakultas : Teknik Dan Sains

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Tesis/Disertasi* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dan saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi. Apabila dikemudian hari ditemulan indikasi plagiat pada Skripsi/Tesis/Desertasi ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun juga dan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 30 Oktober 2025

Yang Membuat pernyataan



Faiq Pandu Mahajana

NPM. 21034010120

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul **“Karakteristik Fisik Tanah Pada Proses Stabilisasi Timbal (Pb) Menggunakan Metode Aerasi Dengan Penambahan Pasir”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Lingkungan. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak ilmu, wawasan, serta pengalaman yang sangat berharga, baik dari segi akademik maupun praktis, terutama dalam bidang pencemaran tanah dan upaya remediasinya. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Ibu Firra Rosariawari, ST., MT. selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Bapak Muhammad Abdus Salam Jawwad, S.T., M.Sc. selaku selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktu untuk memberikan arahan dan saran selama penyusunan skripsi.
4. Orang tua dan keluarga penulis sebagai figur paling penting dalam hidup saya sampai kapanpun yang selalu memberikan kasih sayang, nasihat serta dukungan baik bentuk moril maupun materi, dengan doa yang tiada henti untuk menempuh pendidikan.
5. Argia sebagai partner dan tandem saya semenjak magang hingga akhir dari skripsi, Arhab, Pedro, Omib, Cocis, Fawwaz, Nopal, Ipeng, Apeng, Uje, Ghany, Kresna, Satria, Rafi dan teman-teman TL28 lainnya yang senantiasa membantu dan memberi masukan terhadap jalannya skripsi saya.

6. Partner *jogging* teman-teman komunitas aneh ‘Bento’ dan ‘Halo BNN’ Boneng, Dapok, Farrel, Ausi, Bobi Intel, Sekar dan lainnya yang telah memberikan hiburan di pagi hari.
7. Pasangan saya Adellia Iffatul Hawa sebagai *support system* dan pasangan yang selalu menemani saya selama proses pembuatan skripsi.
8. Semua pihak yang terlibat dalam proses dan pengerjaan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, semoga memberikan keberkahan dan dibalas akan kebaikan oleh Tuhan Yang Maha Esa.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat berbagai kekurangan dan keterbatasan, baik dari segi teori, metode, maupun penyajian data. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati membuka diri terhadap segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun sebagai upaya perbaikan dan penyempurnaan di masa mendatang. Meskipun demikian, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan kontribusi yang berarti, baik sebagai referensi akademik maupun sebagai dasar pemikiran untuk penelitian selanjutnya, terutama dalam bidang teknik lingkungan yang berkaitan dengan pencemaran tanah dan upaya remediasinya. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, serta menjadi amal jariyah ilmu bagi penulis.

Surabaya, 30 Oktober 2025

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Timbal (Pb).....	6
2.2 Sumber Pencemaran Timbal (Pb) Dalam Tanah.....	7
2.3 Dampak Timbal (Pb) terhadap Lingkungan dan Kesehatan.....	8
2.4 Metode Aerasi Dalam Remediasi Tanah.....	9
2.4.1 Prinsip Dasar Aerasi Tanah	9
2.4.2 Pengaruh Aerasi Terhadap Tanah Yang Terkontaminasi	10
2.5 Tanah Inseptisol	10
2.6 Karakteristik Fisik Tanah Dan Pengaruhnya Terhadap Aerasi	11
2.6.1 Tekstur Tanah	11
2.6.2 Struktur Tanah	12
2.6.3 Kadar Air Tanah	13
2.7 Transformasi Kimia $Pb(NO_3)_2$ dalam Tanah Teroksigenasi.....	13
2.8 Penelitian Terdahulu Yang Relevan.....	14
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Kerangka penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan.....	17

3.2.1	Alat Penelitian.....	17
3.2.2	Bahan Penelitian.....	17
3.3	Mekanisme Kerja	17
3.3.1	Pembuatan Reaktor	17
3.3.2	Prosedur Kerja.....	19
3.4	Variabel Penelitian	21
3.4.1	Variabel Tetap.....	21
3.4.2	Variabel Bebas	21
3.4.3	Variabel Terikat	21
3.4.4	Matriks Penelitian	21
3.5	Analisa Data dan Hasil.....	23
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		25
4.1	Hasil Penelitian.....	25
4.1.1	Karakteristik fisik tanah Inseptisol dan pasir yang meliputi tekstur, struktur, porositas, dan kadar air sebelum dan sesudah aerasi.....	25
4.1.1.1	Perubahan Tekstur Tanah Pada Aerasi	25
4.1.1.2	Pengaruh Struktur dan Tanah Pada Aerasi.....	27
4.1.1.3	Hubungan Porositas Dengan Efisiensi Aerasi.....	32
4.1.1.4	Dampak Aerasi dan Campuran Pasir Terhadap Kadar Air	34
4.1.2	Pengaruh Penambahan Pasir Dan Variasi Durasi Aerasi Terhadap Stabilisasi Ion Pb.....	36
4.1.3	Peran Periode Aerasi Dalam Proses Stabilisasi Ion Pb Dalam Tanah ..	37
4.2	Pembahasan Penelitian	39
4.2.1	karakteristik Fisika Tanah Inseptisol Dan Pasir Meliputi Tekstur, Struktur, Porositas Dan Kadar air Pada Aerasi	40
4.2.1.1	Perubahan Tekstur Tanah Pada Aerasi	40
4.2.1.2	Pengaruh Struktur dan Tanah Pada Aerasi.....	43
4.2.1.3	Hubungan Porositas Dengan Efisiensi Aerasi.....	45
4.2.1.4	Dampak Aerasi dan Campuran Pasir Terhadap Kadar Air	47
4.2.2	Pengaruh Penambahan Pasir Dan Variasi Durasi Aerasi Terhadap Stabilisasi Ion Pb.....	48

4.2.3 Peran Periode Aerasi Dalam Proses Stabilisasi Ion Pb Dalam Tanah ..	51
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Tabel Matriks Penelitian	21
Tabel 4. 1 Hasil Uji Awal Porositas	32
Tabel 4. 2 Hasil Uji Akhir Porositas	32
Tabel 4. 3 Hasil Uji Awal Kadar Air	34
Tabel 4. 4 Hasil Uji Akhir Kadar Air	35
Tabel 4. 5 Hasil Uji Kadar Pb 72 jam	37
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Kadar Pb Lengkap	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Timbal	6
Gambar 2. 2 Inseptisol	11
Gambar 3. 1 Reaktor Aerasi.....	18
Gambar 4. 1 Uji Awal Struktur Agregat Tanah 100% Spot 1	27
Gambar 4. 2 Uji awal Struktur Agregat Tanah 100% Spot 2.....	28
Gambar 4. 3 Hasil Akhir Struktur Agregat Tanah 100% Spot 1	28
Gambar 4. 4 Hasil Akhir Struktur Agregat tanah 100% Spot 2.....	29
Gambar 4. 5 Hasil Akhir Struktur Agregat Tanah 70% Spot 1	29
Gambar 4. 6 Hasil Akhir Struktur Agregat Tanah 70% Spot 2	30
Gambar 4. 7 Hasil Akhir Struktur Agregat Tanah 60% Spot 1	30
Gambar 4. 8 Hasil Akhir Struktur Agregat Tanah 60% Spot 2	31
Gambar 4. 9 Grafik Hasil Uji Tekstur.....	40
Gambar 4. 10 Segitiga Tekstur USDA.....	41
Gambar 4. 11 Hasil Uji Awal Struktur (SEM) Agregat Tanah 100%	43
Gambar 4. 12 Hasil Uji Akhir Struktur (SEM) Agregat Tanah 100%.....	43
Gambar 4. 13 Hasil Uji Akhir Struktur (SEM) Agregat Tanah 70%.....	44
Gambar 4. 14 Hasil Uji Akhir Struktur (SEM) Agregat Tanah 60%.....	44
Gambar 4. 15 Grafik Hasil Uji Porositas	45
Gambar 4. 16 Grafik Hasil Uji Kadar Air.....	47
Gambar 4. 17 Grafik Penyisihan Pb Aerasi 24 Jam.....	48
Gambar 4. 18 Grafik Penyisihan Pb Aerasi 12 Jam.....	49
Gambar 4. 19 Grafik Penyisihan Pb Agregat Tanah 100%	49
Gambar 4. 20 Hasil Uji ANOVA Hubungan Durasi Agregat Terhadap Penyisihan Pb	50
Gambar 4. 21 Hasil Model Summary ANOVA Hubungan Agregat Durasi Terhadap Penyisihan Pb.....	50
Gambar 4. 22 Penyisihan Pb Pada Agregat Tanah 60%	52
Gambar 4. 23 Grafik Penyisihan Pb Pada Agregat Tanah 70%.....	52
Gambar 4. 24 Grafik Penyisihan Pb Pada Agregat Tanah 100%.....	52

Gambar 4. 25 Citra SEM perbesaran 10.000x	53
Gambar 4. 26 Hasil Uji ANOVA Hubungan Periode Durasi dan Agregat Tanah Terhadap Pb	55
Gambar 4. 27 Hasil Model Summary Hubungan Durasi Periode dan Agregat Terhadap Penyisihan Pb.....	56

ABSTRAK

Karakteristik Fisik Tanah Pada Proses Stabilisasi Timbal (Pb)

Menggunakan Metode Aerasi Dengan Penambahan Pasir

Pencemaran tanah oleh logam berat, khususnya timbal (Pb), merupakan permasalahan lingkungan serius yang berdampak terhadap ekosistem maupun kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh karakteristik fisika tanah terhadap efektivitas aerasi dalam menstabilisasi ion Pb pada tanah Inseptisol. Parameter fisik tanah yang diamati meliputi tekstur, struktur, porositas, dan kadar air. Penelitian dilakukan menggunakan sembilan reaktor *batch* skala laboratorium dengan variasi komposisi tanah-pasir (100:0, 70:30, dan 60:40) serta tiga perlakuan aerasi (non-aerasi, aerasi 12 jam, dan aerasi 24 jam). Pengamatan dilakukan pada waktu 0, 12, 24, dan 72 jam, dengan kadar Pb dianalisis menggunakan AAS, tekstur tanah dengan metode pipet, struktur melalui SEM, porositas menggunakan metode gravimetri, dan kadar air melalui metode oven. Hasil menunjukkan bahwa penambahan pasir meningkatkan porositas dan memperbaiki struktur tanah sehingga mendukung aerasi, sementara aerasi menurunkan kadar air dan meningkatkan stabilisasi Pb. Nilai penyisihan tertinggi diperoleh pada aerasi 24 jam dengan komposisi 60% tanah–40% pasir, mencapai 94,6%, sedangkan non-aerasi 100% tanah hanya 76,1%. Analisis SEM menunjukkan perubahan struktur dari padat (*blocky*) menjadi granular dengan lebih banyak pori makro. Secara keseluruhan, karakteristik fisika tanah, khususnya tekstur dan porositas, berperan penting dalam efektivitas aerasi untuk stabilisasi Pb pada Inseptisol. Temuan ini dapat menjadi dasar pengembangan strategi remediasi sederhana dan efektif terhadap pencemaran logam berat di tanah.

Kata Kunci: Timbal, Inseptisol, Aerasi, Tekstur Tanah, Struktur Tanah, Porositas, Kadar Air, Stabilisasi Pb.

ABSTRACT

Physical Characteristics of Soil in the Stabilization Process of Lead (Pb) Using the Aeration Method with Sand Addition

Soil contamination by heavy metals, particularly lead (Pb), is a serious environmental issue that affects both ecosystems and human health. This study aims to analyze the influence of soil physical characteristics on the effectiveness of aeration in stabilizing Pb ions in Inceptisol soil. The observed physical parameters include texture, structure, porosity, and water content. The experiment was conducted using nine batch reactors at a laboratory scale with soil–sand compositions (100:0, 70:30, and 60:Ince40) and three aeration treatments (non-aerated, 12 hours, and 24 hours). Observations were carried out at 0, 12, 24, and 72 hours, with Pb concentration analyzed using AAS, soil texture by the pipette method, soil structure through SEM, porosity using the gravimetric method, and water content using the oven method. The results indicated that sand addition increased porosity and improved soil structure, thereby supporting aeration, while aeration reduced water content and enhanced Pb stabilization. The highest penyisihan was obtained under 24-hour aeration with 60% soil–40% sand composition, reaching 94.6%, whereas the non-aerated 100% soil treatment achieved only 76.1%. SEM analysis revealed a structural shift from compact blocky to granular with more macropores. Overall, soil physical characteristics, particularly texture and porosity, play a crucial role in the effectiveness of aeration for Pb stabilization in Inseptisol. These findings may serve as a foundation for developing simple and effective remediation strategies to address heavy metal contamination in soil.

Keywords: Lead, Inseptisol, Aeration, Soil Texture, Soil Structure, Porosity, Water Content, Pb Stabilization.