

**KINETIKA DEGRADASI TOTAL PETROLEUM
HIDROKARBON OLEH BAKTERI PETROFILIK DENGAN
PROSES BIOREMEDASI PADA LAHAN PASCA
PERTAMBANGAN MINYAK DAN GAS**

SKRIPSI



Oleh :

WILUJENG RASTINUR KHOLIFAH

NPM 21034010104

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

2025

**KINETIKA DEGRADASI TOTAL PETROLEUM
HIDROKARBON OLEH BAKTERI PETROFILIK DENGAN
PROSES BIOREMEDASI PADA LAHAN PASCA
PERTAMBANGAN MINYAK DAN GAS**

SKRIPSI

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

Diajukan Oleh

WILUJENG RASTINUR KHOLIFAH

NPM 21034010104

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

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

KINETIKA DEGRADASI TOTAL PETROLEUM HIDROKARBON OLEH BAKTERI PETROFILIK DENGAN PROSES BIOREMEDASI PADA LAHAN PASCA PERTAMBANGAN MINYAK DAN GAS

Disusun Oleh:


Wilujeng Rastinur Kholifah
NPM. 21034010104

Telah disetujui untuk mengikuti Ujian Penelitian

Menyetujui,
Dosen Pembimbing


Syadzadhiya Oothrunada Zakiyayasin Nisa, ST., MT.
NIP./NPT. 21219940930296

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


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

LEMBAR PENGESAHAN

**KINETIKA DEGRADASI TOTAL PETROLEUM
HIDROKARBON OLEH BAKTERI PETROFILIK DENGAN
PROSES BIOREMEDASI PADA LAHAN PASCA
PERTAMBANGAN MINYAK DAN GAS**

Disusun Oleh:

Wilujeng Rastinur Kholifah
NPM. 21034010104

**Telah diuji kebenaran oleh Tim Penguji dan diterbitkan pada Jurnal
Serambi Engineering (Terakreditasi Sinta 4)**

Menyetujui,

TIM PENGUJI

1. Ketua

Pembimbing

Syadzadhiya Oothrunada Zakivayasin

Nisa', ST., MT.

NIP./NPT. 21219940930296

Dr. Okik Hendriyanto

Cahyonugroho., ST., MT.

NIP./NPT. 19750717 202121 1 007

2. Anggota

Firra Rosariawari, S.T., M.T.

NIP./NPT. 19750409 202121 2 004

Mengetahui,

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

Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P.

NIP. 19650403 199103 2 001

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Wilujeng Rastinur Kholifah
NPM : 21034010104
Program : Sarjana(S1)/Magister (S2) / Doktor (S3)
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, 1 Desember 2025

Yang Membuat Pernyataan



Wilujeng Rastinur Kholifah
NPM. 21034010104

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Penulisan laporan ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak menerima bantuan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Dra. Jariyah, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
2. Firra Rosariawari, ST., MT., selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.
3. Syadzadhiya Qothrunada Z. N, ST., MT., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, serta memberikan banyak arahan, motivasi, dan masukan selama proses penyusunan laporan ini.
4. Kedua orang tua tercinta serta keluarga besar atas segala doa, kasih sayang, motivasi, dan dukungan yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan studi dengan baik.
5. Salman Naufal Haq yang selalu memberi dukungan secara mental dan emosional serta membantu penulis dalam penulisan ini.
6. Teman-teman Teknik Lingkungan 2021, Sasa, Dya, dan Salsa yang telah memberikan semangat dan dukungan selama proses pengerjaan tugas akhir ini.

kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi pembaca.

Surabaya, 5 Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II	2
TINJAUAN PUSTAKA	2
2.1 Tinjauan Umum	2
2.1.1 Pencemaran Tanah	2
2.1.2 Senyawa Hidrokarbon	6
2.1.3 Sumber Pencemar Hidrokarbon.....	8
2.1.4 Bakteri Petrofilik	9
2.1.5 Bakteri Petrofilik Indigenous dan Bakteri Petrofilik Eksogenous	11
2.2 Landasan Teori	13
2.2.1 Bioremediasi.....	13
2.2.2 Konsorsium Bakteri.....	16
2.2.3 Standar Mc Farland	16
2.2.4 Kinetika Degradasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH)	17
2.2.5 Kinetika Pertumbuhan Bakteri	20
2.3 Penelitian Terdahulu.....	22
BAB III.....	27
METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1 Kerangka Penelitian.....	27
3.2 Alat dan Bahan	28
3.3 Cara Kerja.....	30
3.3.1 Diagram Alir	30

3.3.2	Persiapan Sampel Tanah.....	31
3.3.3	Analisis Pendahuluan Sampel Tanah.....	31
3.3.4	Isolasi dan Identifikasi Bakteri Indigenous	32
3.3.5	Hasil Analisis Awal Bakteri indigenous.....	33
3.3.6	Pembuatan Suspensi Bakteri	34
3.3.5	Pembuatan Reaktor dan Aerator	34
3.3.6	Penataan Bioremediasi.....	38
3.4	Variabel Penelitian.....	38
3.5	Analisis.....	40
3.5.1	Analisis Laboratorium	40
3.5.2	Analisis Kinetika	42
3.6	Timeline Penelitian.....	44
BAB IV.....		45
HASIL DAN PEMBAHASAN		45
4.1	Hasil Degradasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH)	45
4.2	Kinetika Orde Reaksi dan Laju Reaksi.....	49
4.2.1	Biostimulasi (B0).....	49
4.2.2	Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Pseudomonas fluorescens</i> 12% (v/w)) (B1).....	53
4.2.3	Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Bacillus subtilis</i> 12% (v/w)) (B2).....	56
4.2.4	Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Pseudomonas fluorescens</i> 6% (v/w) <i>Bacillus subtilis</i> 6% (v/w)) (B3)	59
4.3	Hasil Perhitungan Populasi Bakteri	63
4.3	Laju Pertumbuhan Bakteri.....	66
4.3.1	Hubungan Laju Pertumbuhan Bakteri dengan Populasi Bakteri	67
4.4	Kinetika Laju Pertumbuhan Bakteri	67
4.4.1	Biostimulasi (B0).....	68
4.4.2	Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Pseudomonas fluorescens</i> 12% (v/w)) (B1).....	70
4.4.3	Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Bacillus subtilis</i> 12% (v/w)) (B2).....	72

4.4.4	Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Pseudomonas fluorescens</i> 6% (v/w) <i>Bacillus subtilis</i> 6% (v/w)) (B3)	74
4.5	Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Bioremediasi	76
4.5.1	pH	76
4.5.2	Suhu	77
4.5.3	Kelembapan	78
BAB V		80
KESIMPULAN DAN SARAN		80
6.1	Kesimpulan	80
6.2	Saran	80
DAFTAR PUSTAKA		82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bakteri Pendegradasi potensial untuk Degradasi Senyawa Hidrokarbon.....	10
Tabel 2.2 Standar Mc Farland	17
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu.	22
Tabel 3.1 Perlakuan Jenis Bakteri	31
Tabel 3.2 Hasil Pengujian Parameter Pendukung Uji Bioremediasi.....	32
Tabel 3.3 Hasil Identifikasi Bakteri Petrofilik Indigenous pada Sampel Tanah....	33
Tabel 3.4 Rencana Jadwal Penelitian	44
Tabel 4.1 Konsentrasi TPH pada setiap variasi perlakuan berdasarkan waktu kontak.	46
Tabel 4.2 Total Populasi Bakteri	64
Tabel 4.3 Laju pertumbuhan bakteri (μ) pada setiap variasi perlakuan berdasarkan waktu (hari).....	66
Tabel 4.4 Laju Pertumbuhan Spesifik Variasi Perlakuan B0 pada setiap konsentrasi TPH sebagai substrat berdasarkan waktu (hari)	69
Tabel 4.5 Laju Pertumbuhan Spesifik Variasi Perlakuan B1 pada setiap konsentrasi TPH sebagai substrat berdasarkan waktu (hari).....	71
Tabel 4.6 Laju Pertumbuhan Spesifik Variasi Perlakuan B2 pada setiap konsentrasi TPH sebagai substrat berdasarkan waktu (hari).....	73
Tabel 4.7 Laju Pertumbuhan Spesifik Variasi Perlakuan B3 pada setiap konsentrasi TPH sebagai substrat berdasarkan waktu (hari).....	75
Tabel 4.8 Pemantauan Ph Selama 7 Hari Sekali Sebelum Dikontrol Pada Setiap Variasi Perlakuan	77
Tabel 4.9 Pemantauan Suhu Selama 7 Hari Pada Setiap Perlakuan Variasi	78
Tabel 4.10 Pemantauan Kelembapan Selama 7 Hari Pada Setiap Perlakuan Variasi.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Hidrokarbon	8
Gambar 2.2 Morfologi mikroskopis <i>Bacillus subtilis</i>	11
Gambar 2.3 Morfologi mikroskopis <i>Pseudomonas fluorescens</i>	13
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian.....	28
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 3.3 Desain Reaktor	35
Gambar 3.4 Bagan reaktor	38
Gambar 4.1 Perbandingan efisiensi degradasi TPH berdasarkan lama waktu kontak pada berbagai variasi perlakuan bioremediasi, (a) B0; (b) B1; (c) B2; (d) B3.....	47
Gambar 4.2 Model kinetika Orde Nol degradasi TPH pada perlakuan B0 (Biostimulasi).....	50
Gambar 4.3 Model kinetika Orde Satu degradasi TPH pada perlakuan B0 (Biostimulasi).....	51
Gambar 4.4 Model kinetika Orde Dua degradasi TPH pada perlakuan B0 (Biostimulasi).....	52
Gambar 4.5 Model kinetika Orde Nol degradasi TPH pada perlakuan B1 (Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Pseudomonas fluorescens</i> 12% (v/w)))	53
Gambar 4.6 Model kinetika Orde Satu degradasi TPH pada perlakuan B1 (Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Pseudomonas fluorescens</i> 12% (v/w))).....	54
Gambar 4.7 Model kinetika Orde Dua degradasi TPH pada perlakuan B1 (Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Pseudomonas fluorescens</i> 12% (v/w)))	55
Gambar 4.8 Model kinetika Orde Nol degradasi TPH pada perlakuan B2 (Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Bacillus subtilis</i> 12% (v/w))).....	56
Gambar 4.9 Model kinetika Orde Satu degradasi TPH pada perlakuan B2 (Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Bacillus subtilis</i> 12% (v/w))).....	57

Gambar 4.10 Model kinetika Orde Dua degradasi TPH pada perlakuan B2 (Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Bacillus subtilis</i> 12% (v/w)).....	58
Gambar 4.11 Model kinetika Orde Nol degradasi TPH pada perlakuan B3 (Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Pseudomonas Fluorescens</i> 6% (v/w) <i>Bacillus subtilis</i> 6% (v/w))	60
Gambar 4.12 Model kinetika Orde Satu degradasi TPH pada perlakuan B3 (Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Pseudomonas Fluorescens</i> 6% (v/w) <i>Bacillus subtilis</i> 6% (v/w))	61
Gambar 4.13 Model kinetika Orde Dua degradasi TPH pada perlakuan B3 (Biostimulasi + Bioaugmentasi (<i>Pseudomonas Fluorescens</i> 6% (v/w) <i>Bacillus subtilis</i> 6% (v/w))	62
Gambar 4.14 Perbandingan Total Populasi Bakteri berdasarkan waktu kontak	65
Gambar 4.15 Model Penentuan Ks dan μ_{max} pada perlakuan B0 (a) Lineweaver-Burk, (b) Eadie-Hofstee, dan (c) Langmuir	68
Gambar 4.16 Model Penentuan Ks dan μ_{max} pada perlakuan B1 (a) Lineweaver-Burk, (b) Eadie-Hofstee, dan (c) Langmuir	70
Gambar 4.17. Model Penentuan Ks dan μ_{max} pada perlakuan B2 (a) Lineweaver-Burk, (b) Eadie-Hofstee, dan (c) Langmuir	72
Gambar 4.18 Model Penentuan Ks dan μ_{max} pada perlakuan B3 (a) Lineweaver-Burk Plotting. (b) Eadie-Hofstee Plotting. (c) Langmuir Plotting.	74

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A.....	93
HASIL ANALISA	93
A.1 Hasil Analisa Awal Tanah Tercemar	93
A.2 Hasil Identifikasi Bakteri Indigenous.....	93
A.3 Matriks Penelitian	94
LAMPIRAN B.....	96
HASIL PERHITUNGAN.	96
B.1 Hasil Perhitungan Konsentrasi TPH	96
B.2 Hasil Perhitungan Efisiensi Degradasi TPH.....	97
B.3 Hasil Perhitungan Laju pertumbuhan bakteri	98
B.4 Hasil Perhitungan Laju pertumbuhan spesifik bakteri	101
LAMPIRAN C.....	103
DOKUMENTASI.....	103
C.1 Pengambilan Sampel Tanah.....	103
C.2 Desain Reaktor.....	103
C.3 Pengukuran Kelembapan dan pH.....	104
C.4 Pengujian Laboratorium.....	104

ABSTRAK

Aktivitas pertambangan minyak dan gas dapat menyebabkan pencemaran tanah akibat tumpahan dan cecceran minyak yang mengandung total petroleum hidrokarbon (TPH), senyawa bersifat toksik yang dapat menurunkan kualitas lingkungan. Beberapa metode remediasi dapat digunakan untuk mengatasi pencemaran ini, antara lain remediasi fisika seperti elektrokinetik, remediasi kimia seperti soil washing, serta bioremediasi yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme. Bioremediasi lebih efisien, ramah lingkungan, ekonomis, dan berdampak baik dalam memulihkan fungsi tanah serta menjaga keberlanjutan ekosistem dimasa depan. Tujuan penelitian ini menganalisis efisiensi degradasi TPH oleh variasi bakteri petrofilik dalam waktu 35 hari, menentukan orde dan konstanta laju reaksi, serta menganalisis kinetika laju pertumbuhan bakteri petrofilik dalam proses bioremediasi. Variasi perlakuan yang digunakan adalah biostimulasi (B0), biostimulasi + *Pseudomonas fluorescens* 12% (B1), biostimulasi + *Bacillus subtilis* 12% (B2), dan biostimulasi + *Pseudomonas fluorescens* 6% + *Bacillus subtilis* 6% (B3). Hasil penelitian menunjukkan efisiensi degradasi 45% pada variasi B0, efisiensi degradasi 60% pada variasi B1, efisiensi degradasi 76,25% pada variasi B2, dan efisiensi degradasi 77,50% pada variasi B3 selama 35 hari. Analisis kinetika degradasi menunjukkan seluruh perlakuan mengikuti model orde satu dengan konstanta laju reaksi 0,0171 hari⁻¹ pada variasi B0, 0,0238 hari⁻¹ pada variasi B1, 0,038 hari⁻¹ pada variasi B2, 0,0415 hari⁻¹ pada variasi B3. Analisis kinetika pertumbuhan bakteri menggunakan model Monod menghasilkan nilai μ_{max} 0,785 hari⁻¹ dan K_s 7.654,9 mg/kg pada variasi B0, μ_{max} 0,656 hari⁻¹ dan K_s 5280 mg/kg pada variasi B1, μ_{max} 0,753 hari⁻¹ dan K_s 7160 mg/kg pada variasi B2, μ_{max} 0,761 hari⁻¹ dan K_s 13.600 mg/kg pada variasi B3. Penelitian ini menandakan bahwa bakteri petrofilik mampu mendegradasi hidrokarbon secara efektif dan berpotensi diterapkan sebagai strategi bioremediasi dalam pemulihan tanah tercemar TPH.

Kata kunci : Bioremediasi, Total Petroleum Hidrokarbon (TPH), Bakteri Petrofilik, Bacillus subtilis, Pseudomonas fluorscencs.

ABSTRACT

Oil and gas mining activities can cause soil contamination due to spills and leaks of oil containing total petroleum hydrocarbons (TPH), toxic compounds that can reduce environmental quality. Several remediation methods can be applied to address this contamination, including physical remediation such as electrokinetic treatment, chemical remediation such as soil washing, and bioremediation that utilizes the activity of microorganisms. Bioremediation is considered more efficient, environmentally friendly, economical, and beneficial in restoring soil functions and maintaining ecosystem sustainability in the future. This study aimed to analyze the efficiency of TPH degradation by variations of petrophilic bacteria within 35 days, determine the reaction order and rate constants, and examine the kinetic growth parameters of petrophilic bacteria in the bioremediation process. The treatments used were biostimulation (B0), biostimulation + *Pseudomonas fluorescens* 12% (B1), biostimulation + *Bacillus subtilis* 12% (B2), and biostimulation + *Pseudomonas fluorescens* 6% + *Bacillus subtilis* 6% (B3). The results of the study showed a degradation efficiency of 45% in variation B0, 60% in variation B1, 76.25% in variation B2, and 77.50% in variation B3 after 35 days. The degradation kinetic analysis indicated that all treatments followed a first-order model, with reaction rate constants of 0.0171 day^{-1} for B0, 0.0238 day^{-1} for B1, 0.038 day^{-1} for B2, and 0.0415 day^{-1} for B3. The bacterial growth kinetics analysis using the Monod model showed μ_{max} values of 0.785 day^{-1} and K_s of $7,654.9 \text{ mg/kg}$ for B0, μ_{max} of 0.656 day^{-1} and K_s of $5,280 \text{ mg/kg}$ for B1, μ_{max} of 0.753 day^{-1} and K_s of $7,160 \text{ mg/kg}$ for B2, and μ_{max} of 0.761 day^{-1} and K_s of $13,600 \text{ mg/kg}$ for B3. Overall, this study demonstrates that petrophilic bacteria are capable of effectively degrading hydrocarbons and have potential to be applied as a bioremediation strategy for the restoration of TPH-contaminated soils.

Keywords : Bioremediation, Total Petroleum Hydrokarbon (TPH), Petrophilic bacteria, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas Fluorscencs*.