

**EFEKTIVITAS BIOREMEDIASI
TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON (TPH)
DENGAN METODE PENGOMPOSAN MENGGUNAKAN
LIMBAH AMPAS KOPI DAN KOTORAN AYAM KAMPUNG**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**MUHAMMAD RAMADHANA
NIM. 190702064
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM, BANDA ACEH
2026 M /1448 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**EFEKTIVITAS BIOREMEDIASI
TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON (TPH)
DENGAN METODE COMPOSTING MENGGUNAKAN
LIMBAH AMPAS KOPI DAN KOTORAN AYAM KAMPUNG**

TUGAS AKHIR

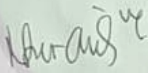
Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-
Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Persyaratan Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik (S1) dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh :
MUHAMMAD RAMADHANA
190702064

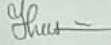
Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi UIN AR-Raniry Banda Aceh

Disetujui Untuk Dimunaqasyahkan oleh:

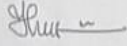
Pembimbing I,


Dr. Eng. Nur Aida, M.Si.
NIP. 197806162005122009

Pembimbing II,


Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.,
NIP. 198311092014032002

Mengetahui
Ketua Program Studi


Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.,
NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**EFEKTIVITAS BIOREMEDIASI
TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON (TPH)
DENGAN METODE PENGOMPOSAN MENGGUNAKAN
LIMBAH AMPAS KOPI DAN KOTORAN AYAM KAMPUNG**

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir/Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Dinyatakan Lulus Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi
Program Sarjana (S-1) Dalam Ilmu Teknik Lingkungan.

Pada Hari/Tanggal: Jumat, 17 Juli 2026
Jumat, 2 Safar 1448 Hijriah

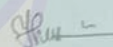
Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir/Skripsi

Ketua,



Dr. Eng Nur Aida, M.Si
NIP. 197806162005122009

Sekretaris,



Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.
NIP. 198311092014032002

Penguji 1



Arief Rahman, M.T
NIP. 198903102019031012

Penguji 2



Ir. Lisa Ginavatri, S.T., M.T

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh



Prof. Dr. H. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU.
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Ramadhana
NIM : 190702064
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul : Efektivitas Bioremediasi Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) dengan Metode Composting Menggunakan Limbah Ampas Kopi dan Kotoran Ayam Kampung.

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir/skripsi ini, saya:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing
3. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
4. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
5. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
6. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh 10 Juli 2026


3068CAOX112332578 Ramadhana)

ABSTRAK

Nama : Muhammad Ramadhana
NIM : 190702064
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Efektivitas Bioremediasi Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) dengan Metode Pengomposan Menggunakan Limbah Ampas Kopi dan Kotoran Ayam Kampung
Tanggal Sidang : 17 Juli 2026
Jumlah Halaman : 64 Halaman
Pembimbing I : Dr. Eng. Nur Aida, M.Si,
Pembimbing II : Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.,
Kata Kunci : Bioremediasi, *composting*, Ampas kopi, Kotoran ayam kampung, *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH).

Pencemaran tanah akibat tumpahan oli bekas menyebabkan akumulasi senyawa hidrokarbon yang dapat menurunkan kualitas tanah dan mengganggu keseimbangan lingkungan. Salah satu upaya penanganannya adalah melalui bioremediasi menggunakan metode *composting* dengan memanfaatkan bahan organik sebagai biostimulan. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas ampas kopi, kotoran ayam kampung, dan kombinasinya dalam menurunkan kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah tercemar oli bekas. Penelitian menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri atas empat perlakuan, yaitu kontrol (K), ampas kopi 300 g (P1), kotoran ayam kampung 300 g (P2), serta kombinasi ampas kopi 150 g dan kotoran ayam kampung 150 g (P3). Proses bioremediasi dilakukan selama 10 hari menggunakan metode *composting*, dengan parameter yang diamati meliputi TPH, pH, suhu, dan kadar air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh perlakuan mampu menurunkan kadar TPH dibandingkan kondisi awal sebesar 6,20%. Nilai TPH akhir pada perlakuan kontrol, P1, P2, dan P3 berturut-turut sebesar 5,48%; 4,02%; 3,35%; dan 2,78%, dengan efektivitas penurunan masing-masing sebesar 11,61%; 35,16%; 45,97%; dan 55,16%. Perlakuan kombinasi memberikan hasil terbaik karena mampu menyediakan keseimbangan sumber karbon dan nitrogen yang mendukung aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi hidrokarbon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi ampas kopi dan kotoran ayam kampung berpotensi dimanfaatkan sebagai biostimulan yang sederhana, ekonomis, dan ramah lingkungan dalam proses bioremediasi tanah tercemar oli bekas.

ABSTRACT

Name : Muhammad Ramadhana
Number Id Student : 190702064
Study Program : Environmental Engineering
Judul Skripsi : Bioremediation of Waste Oil-Contaminated Soil Using the Composting Method with Variations of Spent Coffee Grounds and Native Chicken Manure for Reducing Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)
Trial Date : 17 July 2026
Number of pages : 64 Page
Supervisor I : Dr. Eng. Nur Aida, M.Si,
Supervisor II : Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.,
Keywords : Bioremediation, Composting, Spent coffee grounds, native chicken manure, Total Petroleum Hydrocarbon (TPH).

Soil contamination caused by waste oil spills leads to the accumulation of petroleum hydrocarbons, which can degrade soil quality and disrupt environmental balance. One promising remediation approach is bioremediation through the composting method using organic materials as biostimulants. This study aimed to evaluate the effectiveness of spent coffee grounds, native chicken manure, and their combination in reducing Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) levels in waste oil-contaminated soil. A laboratory experimental method with a Completely Randomized Design (CRD) was employed, consisting of four treatments: control (K), 300 g of spent coffee grounds (P1), 300 g of native chicken manure (P2), and a combination of 150 g of spent coffee grounds and 150 g of native chicken manure (P3). The bioremediation process was conducted for 10 days using the composting method. The observed parameters included TPH, pH, temperature, and moisture content. The results showed that all treatments reduced the initial TPH concentration of 6.20%. The final TPH values for the control, P1, P2, and P3 treatments were 5.48%, 4.02%, 3.35%, and 2.78%, with removal efficiencies of 11.61%, 35.16%, 45.97%, and 55.16%, respectively. The combined treatment achieved the highest removal efficiency by providing a balanced carbon and nitrogen source that enhanced microbial activity during hydrocarbon biodegradation. These findings indicate that the combination of spent coffee grounds and native chicken manure has considerable potential as an economical and environmentally friendly biostimulant for the bioremediation of waste oil-contaminated soil.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT. atas segala berkah dan karunia-Nya yang telah memberikan kemudahan dan petunjuk sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. *Shalawat* beriring salam kepada Nabi Muhammad saw. yang telah membawa umat manusia ke alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan. Tidak lupa pula terima kasih sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada ayahanda dan ibunda tercinta, ayah dan ibu atas doa, motivasi, nasihat dan segala bentuk bantuan yang telah di berikan kepada penulis.

Dengan petunjuk dan pertolongan Allah SWT. penulis bisa menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Efektivitas Bioremediasi Tanah Dengan Teknik *Composting* Menggunakan Limbah Ampas Kopi dan Kotoran Ayam Kampung”. Adapun maksud dan tujuan penulisan ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Penulis menyadari bahwasannya dalam penulisan tugas akhir ini melalui perjuangan yang panjang, dimulai dari awal perkuliahan hingga memasuki tahap akhir perkuliahan. Penulis dengan kesadaran penuh menyadari bahwa penulisan proposal tugas akhir ini dapat tercipta karena adanya dukungan, motivasi, dan banyak pihak yang turut membantu. Untuk itu pada kesempatan penulis menyampaikan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membimbing dan membantu propasal tugas akhir ini, diantaranya yaitu:

1. Prof. Dr. Ir. M. Dirhamsyah, M.T., IPU, yang menjabat sebagai Dekan Fakultas Sains dan Teknologi di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh dan Sekaligus menjadi Dosen Pembimbing 2 Tugas Akhir yang memberikan arahan, kritik dan saran kepada penulis.

3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Ibu Dr. Eng. Nur Aida, M.Si selaku Dosen Pembimbing 1 Tugas Akhir yang memberikan arahan, kritik dan saran kepada penulis.
5. Bapak Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc. Selaku Dosen Wali yang selalu memberikan arahan dan masukan terhadap masalah perkuliahan yang penulis alami.
6. Bapak dan Ibu dosen di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, yang telah berkenan memberi ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan penulis
7. Terimakasih juga kepada Nafilah Rohadatul Aisy yang telah mendukung penulis dalam penulisan skripsi ini.

Tidak lupa juga kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu. Penulis berharap Allah Swt. membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir. Penulis menyadari bahwa banyak kekurangan pada tugas akhir ini, oleh karena itu saran dan kritikan yang membangun sangat diharapkan. Semoga tugas akhir ini bisa bermanfaat terutama bagi penulis dan juga kepada para pembaca.

Banda Aceh, 29 Juni 2026

Muhammad Ramadhana
NIM. 190702064

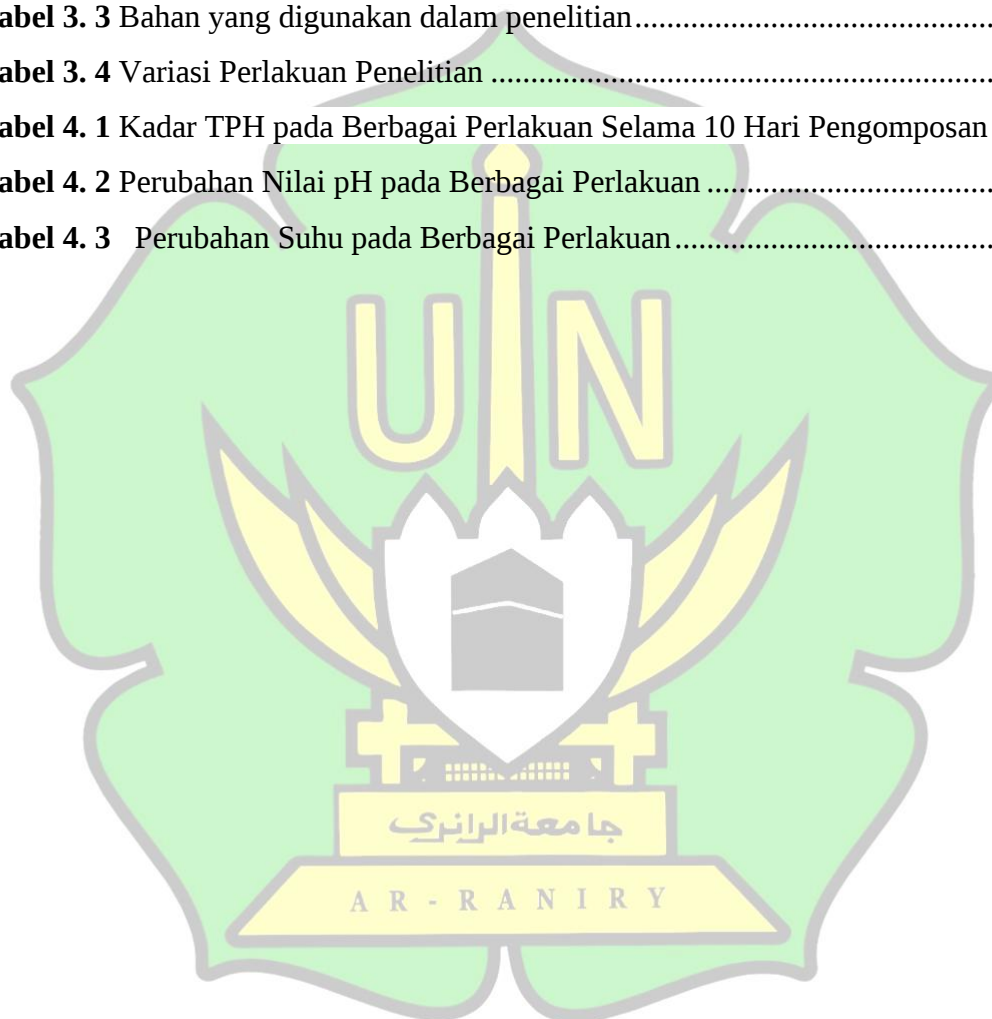
DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
<i>Abstract</i>	v
kata PENGAnTAR	vi
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel.....	x
Daftar Gambar	xi
Bab I Pendahuluan.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Batasan Penelitian	5
Bab II Tinjauan Pustaka	6
2.1. Bioremediasi	6
2.2. Tanah Tercemar Oli Bekas.....	8
2.3. Bioremediasi Teknik <i>Composting</i>	10
2.4. Ampas Kopi sebagai Bahan Organik Biostimulan.....	12
2.5. Kotoran Ayam Kampung sebagai Sumber Nutrien	12
2.6. Faktor yang Mempengaruhi Teknik Komposting	14
2.6.1. Faktor Biologis	14
2.6.2. Faktor Fisik.....	14
2.6.3. Faktor Kimia.....	15
2.7. Penelitian Terdahulu	15
Bab III Metodologi Penelitian.....	19
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian	19
3.2. Objek dan Lokasi Pengambilan sampel	20

3.3. Sampel dan Bahan Penelitian.....	21
3.3.1. Alat dan Bahan Penelitian	21
3.3.2. Teknik Pengambilan Sampel	23
3.4. Prosedur Penelitian.....	24
3.4.1. Persiapan Bahan Penelitian	24
3.4.2. Pembuatan Reaktor Bioremediasi	24
3.4.3. Pelaksanaan Bioremediasi Komposting	25
3.4.4. Pengamatan Parameter Penelitian	26
3.4.5. Analisis Total Petroleum Hydrocarbon (TPH).....	26
3.4.6. Analisis Data	26
3.5. Tahapan Umum Penelitian.....	27
Bab IV Hasil dan pembahasan	30
4.1. Hasil Penelitian	30
4.1.1. Kadar Awal Tanah Tercemar	30
4.1.2. Kadar Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)	31
4.1.3. Perubahan Nilai pH	33
4.1.4. Perubahan Suhu	35
4.2. Pembahasan.....	36
4.2.1. Efektivitas Penurunan TPH.....	36
4.2.2. Pengaruh Parameter Pendukung.....	37
4.2.2.1. pH.....	37
4.2.2.2. Suhu.....	38
4.2.3. Keunggulan Kotoran Ayam Kampung dibandingkan Ayam Potong ..	39
4.2.4. Keterbatasan Penelitian dan Implikasi	40
Bab V Penutup	41
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku mutu pengolahan tanah terkontaminasi minyak bumi	10
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu.....	17
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian	20
Tabel 3. 2 Alat yang digunakan pada penelitian	21
Tabel 3. 3 Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	22
Tabel 3. 4 Variasi Perlakuan Penelitian	25
Tabel 4. 1 Kadar TPH pada Berbagai Perlakuan Selama 10 Hari Pengomposan	31
Tabel 4. 2 Perubahan Nilai pH pada Berbagai Perlakuan	33
Tabel 4. 3 Perubahan Suhu pada Berbagai Perlakuan.....	35



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Lokasi Pengambilan Sampel.....	21
Gambar 3. 2 Diagram Alir Peneltian.....	29
Gambar 4. 1 Perubahan Kadar Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)	32
Gambar 4. 2 Perbandingan Efektivitas Penurunan TPH Antar Perlakuan	33
Gambar 4. 3 Perubahan Nilai pH Media Tanah Selama Pengomposan	34
Gambar 4. 4 Perubahan Suhu Media Tanah Selama Pengomposan.....	36



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan sektor otomotif di Indonesia dalam beberapa dekade terakhir telah membawa dampak yang tidak dapat diabaikan dari sisi lingkungan hidup. Berdasarkan publikasi resmi Badan Pusat Statistik (BPS) dalam *Statistik Transportasi Darat 2024* yang dirilis pada Desember 2025, jumlah total kendaraan bermotor di Indonesia telah menembus 166 juta unit, dengan sepeda motor sebagai jenis kendaraan yang paling dominan, mencapai 139,45 juta unit pada tahun 2024, dan menunjukkan tren kenaikan rata-rata sebesar 4,93% setiap tahunnya tanpa pernah mengalami penurunan. Lonjakan jumlah kendaraan ini berbanding lurus dengan meningkatnya volume aktivitas bengkel kendaraan bermotor di seluruh wilayah Indonesia. Di balik produktivitas tersebut, terdapat persoalan lingkungan yang semakin mendesak untuk ditangani, yakni akumulasi limbah oli bekas yang dihasilkan dari kegiatan perawatan dan perbaikan kendaraan. Studi menunjukkan bahwa sekitar 5–15% oli bekas dari bengkel motor tidak resmi terbuang langsung ke tanah atau saluran drainase, dengan potensi pencemaran logam berat seperti timbal (Pb) dan kadmium (Cd). Kondisi ini menjadikan tanah di sekitar kawasan bengkel sebagai salah satu titik yang paling rentan terhadap pencemaran minyak bumi dan produk turunannya (Andika dkk., 2025).

Oli bekas merupakan limbah yang dikategorikan sebagai Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (Limbah B3) berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Limbah oli mengandung senyawa *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) yang bersifat mutagenik sehingga berpotensi membahayakan ekosistem, mencemari air, tanah, dan kesehatan manusia. Apabila limbah oli terbuang ke tanah, kemampuan tanah dalam menyerap air akan menurun sehingga memicu terjadinya degradasi tanah secara struktural dan biologis. Salah satu parameter utama yang digunakan untuk mengukur tingkat pencemaran tersebut adalah *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH), yakni indikator kuantitatif yang mencerminkan konsentrasi total senyawa hidrokarbon dalam sampel tanah. Pencemaran TPH bersifat luas dan tersebar di

berbagai belahan dunia akibat aktivitas antropogenik yang masif, dan terbukti toksik terhadap organisme tanah yang bermanfaat serta menimbulkan kekhawatiran serius bagi kesehatan publik (Anggieni dkk., 2019.).

Pencemaran tanah terjadi dikarenakan akibat dari kecerobohan dan kelalaian manusia, ketika melaksanakan suatu kegiatan yang berhubungan dengan minyak bumi, pelumas (oli) dan zat berbahaya lainnya yang merupakan ancaman serius bagi keberlangsungan kesehatan manusia. Zat-zat tersebut dapat mencemari tanah, sungai dan juga sumber air bagi masyarakat yang memerlukan kebutuhan air domestik yang dapat mempengaruhi kesehatan bagi tubuh manusia jika digunakan dalam jangka waktu yang lama (Juliani & Rahman, 2011). Salah satu kontaminan minyak yang sulit diurai adalah senyawa hidrokarbon. Pada saat senyawa tersebut mencemari permukaan tanah, maka akan terjadi penguapan, tersapu oleh air hujan, dan akan masuk ke dalam tanah kemudian akan terendap sebagai zat beracun yang mengakibatkan terganggunya ekosistem tanah dan siklus air tanah (Vyatrawan, 2015).

Secara alamiah, tanah memiliki kapasitas untuk mendegradasi senyawa pencemar melalui proses biologi dan kimia yang berlangsung secara alami. Namun, kapasitas tersebut sangat terbatas bila beban kontaminan yang masuk melampaui daya dukung ekosistem. Kondisi ini mendorong kebutuhan akan intervensi teknologi pemulihan yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan. Bioremediasi merupakan teknologi yang terbukti efektif dalam memanfaatkan kemampuan aktivitas mikroorganisme untuk mentransformasikan komponen toksik menjadi produk akhir yang kurang berbahaya tanpa mengganggu kondisi lingkungan sekitarnya. Di antara berbagai teknik bioremediasi yang telah dikembangkan, metode *composting* menjadi salah satu pilihan yang banyak diterapkan karena memungkinkan integrasi bahan organik lokal sebagai media stimulasi aktivitas mikroba pengurai.(Dewi dkk., 2023)

Teknik *composting* pada prinsipnya bekerja dengan mencampur tanah yang terkontaminasi bersama bahan organik untuk meningkatkan degradasi aerobik polutan oleh mikroorganisme, di mana proses ini juga dapat dievaluasi melalui parameter pendukung seperti pH, suhu, kadar air, dan *Total Plate Count* (TPC) serta

parameter utama berupa konsentrasi TPH. Keberhasilan metode ini sangat bergantung pada pemilihan bahan organik yang tepat sebagai sumber nutrisi bagi mikroba pengurai. Dalam konteks ini, limbah ampas kopi dan kotoran ayam kampung hadir sebagai kandidat bahan organik yang potensial namun belum banyak dikaji secara kombinasi dalam aplikasi bioremediasi tanah tercemar oli bekas. (Yulianto dkk., 2016.)

Ampas kopi merupakan limbah organik yang ketersediaannya terus meningkat seiring berkembangnya industri kopi di Indonesia. Berdasarkan hasil analisis kandungan nutrisinya, ampas kopi diketahui mengandung sekitar 2,28% nitrogen (N), 0,06% fosfor (P), dan 0,6% kalium (K) (Purnomo dkk., 2023). Ampas kopi memiliki kadar nitrogen antara 1,0 – 2,5% dengan rasio C/N berkisar antara 20 hingga 25, yang menjadikannya jauh lebih kaya nutrisi dibandingkan tanah hortikultura pada umumnya, sekaligus berpotensi meningkatkan retensi air, porositas, serta konsentrasi unsur N, P, dan K dalam tanah. Rasio C/N ampas kopi yang mendekati 19,5/1 sangat berdekatan dengan rasio C/N tanah yang ideal (20/1), sehingga ampas kopi, kotoran sapi, maupun kotoran ayam berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku kompos yang menyediakan unsur makro dan mikro yang dibutuhkan tanah (Afriliana dkk., 2021).

Kotoran ayam kampung juga menyimpan potensi yang tidak kalah besar. Kotoran ayam telah terbukti berperan sebagai stimulator yang efektif dalam proses biodegradasi hidrokarbon minyak bumi, termasuk minyak mentah, bahan bakar diesel, dan *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAH), melalui kandungan kimiawi dan karakteristik mikrobiologisnya yang kaya (Mandryk dkk., 2025). Lebih jauh, studi komparatif mengenai efektivitas berbagai jenis pupuk kandang dalam bioremediasi tanah tercemar campuran hidrokarbon minyak bumi menunjukkan bahwa kotoran ayam (unggas) memberikan degradasi TPH tertinggi sebesar 73% dalam empat minggu, melampaui kotoran babi (63%), kotoran kambing (50%), maupun pupuk NPK (39%) (Taylor, 2010).

Bahan tersebut telah terbukti secara ilmiah memiliki potensi sebagai agen biostimulasi, kajian mengenai kombinasi ampas kopi dan kotoran ayam kampung secara spesifik dalam proses bioremediasi *composting* tanah tercemar oli bekas

dengan parameter pengukuran TPH masih sangat terbatas. Kotoran ayam yang mudah ditemukan dan tersedia dalam jumlah melimpah menjadikannya kandidat biostimulan yang ekonomis dan praktis untuk diterapkan dalam proses remediasi tanah, karena kandungan nutrisinya yang tinggi mendukung pertumbuhan mikroorganisme pendegradasi TPH secara signifikan. Kesenjangan penelitian (*research gap*) inilah yang menjadi landasan utama dilakukannya penelitian ini. Dengan mengintegrasikan kedua bahan organik limbah tersebut dalam satu sistem bioremediasi *composting* berskala laboratorium, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah yang bermakna dalam pengembangan teknologi pemulihan tanah tercemar yang berkelanjutan, berbiaya rendah, dan mudah direplikasi di lapangan. (Rahman dkk., n.d.).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana laju penurunan kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah tercemar oli bekas selama 10 hari proses bioremediasi *composting*, pada perlakuan ampas kopi, kotoran ayam kampung, dan kombinasi keduanya?
2. Bagaimana pengaruh masing-masing perlakuan ampas kopi, kotoran ayam kampung, dan kombinasi keduanya terhadap perubahan nilai pH, suhu, dan kadar air tanah selama proses bioremediasi *composting* berlangsung ?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis dan membandingkan efektivitas penurunan kadar TPH pada tanah tercemar oli bekas melalui bioremediasi metode *composting* dengan perlakuan ampas kopi, kotoran ayam kampung, dan kombinasi keduanya selama 10 hari pengomposan.
2. Mengevaluasi pengaruh masing-masing perlakuan terhadap dinamika perubahan nilai pH, suhu, dan kadar air tanah sebagai parameter pendukung selama proses bioremediasi *composting* berlangsung.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan data empiris dan informasi ilmiah mengenai efektivitas pemanfaatan limbah ampas kopi dan kotoran ayam kampung secara tunggal maupun kombinasi sebagai bahan organik dalam proses bioremediasi *composting* tanah tercemar oli bekas, khususnya dalam menurunkan kadar TPH.
2. Menyediakan referensi ilmiah bagi para praktisi, pengelola bengkel, dan pemangku kepentingan lingkungan mengenai durasi waktu pengomposan yang optimal dan komposisi bahan organik yang paling efektif, sehingga dapat diterapkan sebagai solusi pengelolaan tanah tercemar yang berbiaya rendah dan ramah lingkungan.
3. Memperkaya kajian bioremediasi berbasis bahan organik lokal, khususnya yang belum banyak diteliti seperti kombinasi ampas kopi dan kotoran ayam kampung, sehingga dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan dengan skala yang lebih besar.

1.5. Batasan Penelitian

Adapun batasan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sampel tanah yang digunakan berasal dari bengkel Mon Oil yang berlokasi di Desa Aneuk Galong Titi, Kecamatan Suka Makmur, Kabupaten Aceh Besar, dengan kedalaman pengambilan 0–20 cm.
2. Penelitian dilaksanakan pada skala laboratorium menggunakan metode bioremediasi teknik *composting* dengan rancangan percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL), yang terdiri dari 1 kontrol (K) dan 3 perlakuan (P1, P2, P3) dengan masing-masing 3 kali ulangan.
3. Proses pengomposan dilaksanakan selama 10 hari, dengan pengukuran kadar TPH dilakukan pada hari ke-0, ke-3, ke-7, dan ke-10.
4. Analisis TPH dilakukan dengan metode gravimetri menggunakan pelarut n-heksana di Laboratorium Teknik Lingkungan Multifungsi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bioremediasi

Dalam upaya mengatasi pencemaran minyak bumi secara biologis dapat dilakukan dengan teknologi bioremediasi. Penerapan bioremediasi sering digunakan dikarenakan tergolong relatif murah, efektif, efisien dan ramah lingkungan. Teknologi bioremediasi dapat dilakukan secara *ex-situ* dan *in-situ*. *Ex-situ* dilakukan dengan mengambil sampel terkontaminasi ke suatu lokasi untuk tindakan lebih lanjut. Bioremediasi *in-situ* dilakukan langsung pada media tercemar di lokasi tercemar. Sedangkan bioremediasi *ex-situ* dilakukan dengan bioreaktor, pengolahan lahan (*landfarming*), dan pengomposan (Anggreini, 2019). Berikut adalah penjelasan lebih lanjut terkait bioremediasi secara *ex-situ* (Tuhuloula dan Juliastuti, 2020)(Prayitno, 2017).

1. Bioreaktor

Tanah yang sudah tercemar oleh minyak bumi dicampur dengan air dengan menggunakan perbandingan tertentu agar membentuk bubur (*slurry*), dan diolah dalam bioreaktor terkontrol, dimana mikroorganisme dapat mengurangi polutan.

2. Pengolahan Lahan (*Landfarming*)

Media tanah yang terkontaminasi disebarakan pada permukaan lahan yang telah disiapkan, kemudian dibalik atau dibajak secara berkala guna untuk meningkatkan aerasi. Secara bertahap dilakukan penambahan nutrisi dan air untuk merangsang aktivitas mikroba yang digunakan.

3. Pengomposan

Media tanah yang terkontaminasi dicampur dengan bahan organik guna untuk meningkatkan degradasi aerobik polutan. Selama dalam proses ini menghasilkan suhu tinggi yang dapat mempercepat proses degradasi.

Dalam pelaksanaannya, bioremediasi dibedakan menjadi dua jalur utama berdasarkan lokasi penerapannya, yaitu secara *in-situ* dan *ex-situ*. Metode *in-situ* dilakukan langsung di lokasi tercemar tanpa perlu memindahkan material tanah, sehingga lebih hemat biaya, namun memiliki keterbatasan dalam hal kontrol kondisi lingkungan. Sebaliknya, metode *ex-situ* mengharuskan pemindahan sampel tanah terkontaminasi ke suatu lokasi pengolahan tersendiri, yang memungkinkan parameter lingkungan dikontrol secara lebih terukur dan akurat (Anggreini, 2019). Teknik bioremediasi *ex-situ* yang umum diterapkan di Indonesia mencakup bioreaktor, pengolahan lahan (*landfarming*), dan pengomposan (*composting*) (Anggreini, 2019; Prayitno, 2017). Dari ketiga teknik tersebut, *composting* dinilai paling aplikatif untuk skala laboratorium karena memungkinkan integrasi bahan organik lokal sebagai stimulan pertumbuhan mikroba pengurai.

Pemilihan teknik bioremediasi yang tepat sangat bergantung pada jenis dan konsentrasi kontaminan, sifat lokasi tercemar, ambang batas regulasi, serta waktu dan biaya yang tersedia. Teknik *ex-situ* cenderung lebih mahal karena biaya penggalian dan transportasi, namun lebih unggul dalam menangani berbagai jenis polutan secara terkendali, sedangkan teknik *in-situ* lebih ekonomis namun sulit divisualisasi dan dikontrol secara menyeluruh (Semnas Biologi UIN Ar-Raniry, 2020). Keberhasilan proses bioremediasi juga tetap memerlukan pemantauan komprehensif terhadap parameter utama berupa kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) serta logam berat yang bersifat berbahaya, guna memastikan proses pemulihan berjalan sesuai target yang ditetapkan (Handrianto, 2018).

Kemampuan bioremediasi dalam menurunkan kadar pencemar dipengaruhi oleh keberadaan mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon. Mikroorganisme tersebut mampu menghasilkan enzim yang berfungsi memecah rantai hidrokarbon kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Bakteri dari genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, dan *Stenotrophomonas* diketahui memiliki kemampuan tinggi dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon minyak bumi. Penelitian yang dilakukan oleh Silva dkk. menunjukkan bahwa konsorsium bakteri mampu menurunkan fraksi alifatik hidrokarbon hingga lebih dari 90% pada *limbah oily sludge* selama masa inkubasi 40 hari (Silva dkk., 2011).

Keberhasilan proses bioremediasi juga dipengaruhi oleh strategi yang digunakan selama pengolahan. Pendekatan biostimulasi dilakukan dengan menambahkan nutrisi, oksigen, maupun bahan organik untuk meningkatkan aktivitas mikroba indigenus pada tanah tercemar. Pendekatan lain berupa bioaugmentasi dilakukan dengan menambahkan mikroorganisme tertentu yang memiliki kemampuan degradasi tinggi terhadap senyawa hidrokarbon. Kombinasi kedua metode tersebut terbukti mampu meningkatkan efisiensi penurunan Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) pada tanah tercemar minyak bumi (Liu dkk., 2011)

2.2. Tanah Tercemar Oli Bekas

Tanah merupakan komponen lingkungan yang memiliki fungsi penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Keberadaan tanah mendukung aktivitas biologis, siklus air, serta pertumbuhan vegetasi yang dibutuhkan makhluk hidup. Aktivitas industri, transportasi, dan perbengkelan menyebabkan peningkatan potensi pencemaran tanah oleh limbah minyak dan pelumas bekas. Oli bekas yang dibuang secara langsung ke lingkungan dapat menyebabkan perubahan sifat fisik, kimia, dan biologis tanah sehingga menurunkan kualitas lingkungan secara menyeluruh (Vyatrawan, 2015).

Oli bekas termasuk dalam kategori limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) karena mengandung berbagai senyawa toksik yang berpotensi mencemari lingkungan. Kandungan utama dalam oli bekas terdiri atas senyawa hidrokarbon, logam berat, serta senyawa Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH) yang bersifat mutagenik dan karsinogenik. Senyawa tersebut dapat meresap ke dalam pori-pori tanah sehingga menyebabkan penurunan permeabilitas tanah dan menghambat pertukaran udara di dalam media tanah. Kondisi tersebut berdampak pada terganggunya aktivitas mikroorganisme alami serta menurunnya kesuburan tanah (Juliani & Rahman, 2011)

Pencemaran hidrokarbon pada tanah umumnya diukur menggunakan parameter Total Petroleum Hydrocarbon (TPH). Parameter TPH digunakan untuk mengetahui jumlah total senyawa hidrokarbon yang terdapat dalam sampel tanah tercemar. Nilai TPH yang tinggi menunjukkan tingkat pencemaran hidrokarbon

yang besar sehingga diperlukan upaya remediasi untuk menurunkan konsentrasi pencemar tersebut. Keberadaan TPH dalam konsentrasi tinggi dapat menimbulkan dampak negatif terhadap organisme tanah, tanaman, dan kualitas air tanah apabila tidak dilakukan penanganan secara tepat (Handrianto, 2018)

Karakteristik tanah tercemar oli bekas biasanya ditandai dengan perubahan warna, bau, tekstur, dan kandungan organik tanah. Lapisan minyak yang menutupi permukaan tanah dapat menghambat infiltrasi air serta menurunkan kandungan oksigen dalam tanah. Penurunan oksigen menyebabkan aktivitas mikroorganisme aerobik menjadi terganggu sehingga proses degradasi alami berlangsung lebih lambat. Kondisi tersebut mengakibatkan senyawa hidrokarbon bertahan lebih lama di lingkungan dan meningkatkan risiko pencemaran jangka panjang terhadap ekosistem sekitar (Dewi dkk., 2023).

Aktivitas bengkel kendaraan bermotor menjadi salah satu sumber utama pencemaran oli bekas di lingkungan. Pembuangan limbah oli secara sembarangan ke permukaan tanah maupun saluran drainase dapat menyebabkan akumulasi senyawa hidrokarbon dan logam berat dalam lingkungan sekitar bengkel. Penelitian yang dilakukan oleh (Andika dkk., 2025) menunjukkan bahwa limbah oli dari bengkel tidak resmi berpotensi mencemari tanah dan badan air akibat pengelolaan limbah yang belum optimal. Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya penerapan teknologi pengolahan yang efektif dan ramah lingkungan untuk menurunkan kadar pencemar hidrokarbon pada tanah tercemar.

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi Secara Biologis, kadar TPH pada tanah hasil proses bioremediasi dinyatakan memenuhi syarat apabila konsentrasi TPH berada di bawah 1% atau 10.000 mg/kg. Nilai tersebut digunakan sebagai acuan untuk menentukan efektivitas proses biodegradasi hidrokarbon selama proses bioremediasi berlangsung. Penurunan kadar TPH menunjukkan bahwa aktivitas mikroorganisme dalam media tanah mampu menguraikan senyawa hidrokarbon menjadi senyawa yang lebih sederhana dan kurang berbahaya bagi lingkungan (Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 128 Tahun 2003).

Tabel 2. 1 Baku mutu pengolahan tanah terkontaminasi minyak bumi

Parameter	Baku Mutu
Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)	$\leq 1\%$
pH Tanah	6–8
Kadar Air	40–60%
Suhu Bioremediasi	30–40°C

Sumber: Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi Secara Biologis.

2.3. Bioremediasi Teknik *Composting*

Composting merupakan salah satu cara atau metode bioremediasi dalam pengolahan pencemaran lingkungan pada media tanah, dengan menggunakan mikroba serta bahan-bahan *bulking agent* dan sumber nutrisi (biostimulasi) seperti pupuk kandang atau pupuk anorganik yang mengandung fosfor dan nitrogen. Mekanisme utama pada proses bioremediasi teknik komposting adalah peningkatan aktivitas mikroba yang dipacu dengan ketersediaan oksigen, nutrisi serta pengendalian pH, kelembaban serta suhu (Mizwar dan Trihadiningrum, 2014). Menurut keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 6 Tahun 2021, pengolahan limbah dengan menggunakan bahan organik seperti pupuk, serbuk kayu, dan sisa tumbuhan bertujuan untuk meningkatkan aktivitas mikroorganisme.

Proses komposting dengan menggunakan limbah padat organik serta dikombinasikan dengan pupuk kandang digunakan untuk mendegradasi kontaminan minyak bumi dan produk turunannya (Prasidya dkk., 2022). Kandungan dalam kompos sangat baik untuk proses bioremediasi teknik komposting, keberhasilan proses bioremediasi tersebut tergantung dari ketersediaan nutrisi dan kondisi lingkungan, salah satunya adalah pH yang baik bagi mikroba (Juliani dan Rahman, 2011).

Metode *composting* merupakan salah satu teknik bioremediasi yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme aerob dalam menguraikan senyawa hidrokarbon menjadi senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Penambahan bahan organik ke dalam media tercemar mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara, memperbaiki kondisi fisik tanah, serta merangsang pertumbuhan mikroorganisme indigenous yang berperan dalam proses biodegradasi. Aktivitas metabolisme mikroorganisme selama proses pengomposan menghasilkan panas dan berbagai enzim ekstraseluler yang berkontribusi terhadap percepatan degradasi senyawa hidrokarbon. Berdasarkan mekanisme tersebut, penelitian ini menerapkan metode *composting* dengan waktu pengamatan selama 10 hari untuk mengevaluasi efektivitas ampas kopi dan kotoran ayam kampung sebagai biostimulan dalam menurunkan kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) pada tanah yang tercemar oli (Tran dkk., 2021).

Keberhasilan proses *composting* dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, antara lain rasio karbon terhadap nitrogen (C/N ratio), kadar air, suhu, dan ketersediaan oksigen. Rasio C/N yang tidak seimbang dapat menghambat aktivitas mikroorganisme karena keterbatasan unsur nitrogen atau menyebabkan kehilangan nitrogen dalam bentuk amonia apabila jumlahnya berlebihan. Kelembapan media juga berperan penting dalam mendukung aktivitas biologis mikroorganisme, sehingga perlu dipertahankan pada kisaran yang sesuai agar proses dekomposisi berlangsung secara optimal. Selain itu, aerasi yang baik diperlukan untuk menjaga kondisi aerob sehingga mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon dapat bekerja secara maksimal (Lin dkk., 2022).

Metode *composting* merupakan salah satu teknik bioremediasi yang banyak diterapkan karena mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon melalui penambahan bahan organik sebagai sumber nutrisi. Selain memiliki biaya operasional yang relatif rendah, metode ini juga mudah diaplikasikan pada skala laboratorium maupun lapangan serta memanfaatkan limbah organik sebagai bahan pembenah tanah. Pemanfaatan kompos atau bahan organik lokal tidak hanya mendukung pertumbuhan mikroorganisme indigenous, tetapi juga meningkatkan efisiensi penyisihan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH)

sehingga composting menjadi salah satu alternatif teknologi remediasi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk tanah yang tercemar hidrokarbon (Ipal, 2017)

2.4. Ampas Kopi sebagai Bahan Organik Biostimulan

Ampas kopi merupakan limbah organik yang dihasilkan dari proses penyeduhan kopi dan memiliki kandungan unsur hara yang cukup tinggi. Kandungan nitrogen, fosfor, kalium, serta bahan organik pada ampas kopi menjadikannya potensial digunakan sebagai bahan tambahan pada proses composting. Ampas kopi juga memiliki rasio karbon dan nitrogen yang mendekati kondisi ideal bagi pertumbuhan mikroorganisme pengurai bahan organik (Afriliana dkk., 2021).

Pemanfaatan ampas kopi dalam proses bioremediasi dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme melalui penyediaan sumber karbon dan nutrisi tambahan. Struktur ampas kopi yang bersifat porous juga membantu meningkatkan aerasi dan retensi air dalam media tanah sehingga kondisi lingkungan menjadi lebih mendukung bagi proses biodegradasi hidrokarbon. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan ampas kopi pada proses pengomposan mampu meningkatkan kualitas kompos dan memperbaiki nilai pH serta kandungan unsur hara tanah (Putra dkk., 2025).

Ketersediaan limbah ampas kopi yang melimpah di Indonesia menjadikan bahan ini memiliki potensi besar sebagai alternatif biostimulan ramah lingkungan. Pemanfaatan limbah organik tersebut tidak hanya membantu meningkatkan efektivitas remediasi tanah tercemar, tetapi juga mendukung pengurangan limbah organik dari sektor industri maupun rumah tangga. Penggunaan bahan lokal dalam proses bioremediasi juga memberikan keuntungan dari sisi ekonomi karena lebih mudah diperoleh dan berbiaya rendah (Purnomo dkk., 2023)

2.5. Kotoran Ayam Kampung sebagai Sumber Nutrien

Kotoran ayam kampung merupakan salah satu limbah peternakan yang kaya akan unsur nitrogen, fosfor, kalium, dan mikroorganisme alami. Kandungan nutrisi yang tinggi menjadikan kotoran ayam sering dimanfaatkan sebagai pupuk organik maupun bahan tambahan dalam proses composting. Unsur nitrogen yang

terkandung di dalamnya berperan penting dalam mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon (Mandryk dkk., 2025).

Kandungan nitrogen yang tinggi pada kotoran ayam menjadikannya efektif digunakan sebagai biostimulan dalam proses bioremediasi hidrokarbon minyak bumi. Nitrogen dibutuhkan mikroorganisme untuk sintesis protein dan pembentukan sel baru selama metabolisme hidrokarbon berlangsung. Ketersediaan nutrisi yang cukup akan mempercepat pertumbuhan populasi mikroba pendegradasi hidrokarbon sehingga penurunan kadar TPH dapat berlangsung lebih optimal. Penelitian mengenai penggunaan kotoran ayam pada tanah tercemar oli menunjukkan bahwa penambahan kotoran ayam mampu meningkatkan efisiensi degradasi hidrokarbon secara signifikan dibandingkan perlakuan tanpa penambahan bahan organik (Naowasarn & Leungprasert, 2016)

Keberadaan mikroorganisme alami dalam kotoran ayam juga memberikan kontribusi terhadap proses biodegradasi. Kotoran ayam diketahui mengandung berbagai jenis bakteri dan jamur yang mampu membantu proses dekomposisi bahan organik dan degradasi senyawa pencemar. Aktivitas mikroorganisme tersebut akan meningkat ketika kondisi lingkungan seperti suhu, pH, dan kadar air berada pada kondisi optimum. Proses *composting* dengan penambahan kotoran ayam mampu menghasilkan kondisi lingkungan yang lebih stabil sehingga mendukung proses remediasi tanah tercemar hidrokarbon (Rahman dkk., 2025.).

Pemanfaatan kotoran ayam kampung sebagai bahan biostimulan juga memberikan keuntungan dari sisi lingkungan dan ekonomi. Penggunaan limbah peternakan dalam proses remediasi mampu mengurangi akumulasi limbah organik sekaligus meningkatkan nilai guna limbah tersebut. Pendekatan ini dinilai lebih ramah lingkungan karena memanfaatkan sumber daya lokal yang mudah diperoleh serta mengurangi ketergantungan terhadap bahan tambahan sintetis. Potensi tersebut menjadikan kotoran ayam kampung sebagai salah satu bahan organik yang relevan digunakan dalam penelitian bioremediasi tanah tercemar oli bekas dengan metode *composting* (Taylor, 2010).

2.6. Faktor yang Mempengaruhi Teknik Komposting

2.6.1. Faktor Biologis

a) Mikroorganisme

Peran mikroorganisme pada proses bioremediasi sangat bergantung kepada bakteri dan jamur. Dalam melakukan aktifitas metabolisme dan perkembangbiakannya, bakteri memerlukan molekul karbon sebagai salah satu sumber nutrisi dan energi. Sehingga ketersediaan dan keanekaragaman mikroorganisme tersebut sangat penting dalam keberhasilan bioremediasi (Handrianto, 2018).

b) Nutrien

Pada saat proses mendegradasi zat pencemar, nutrisi berperan penting dalam sintesis serta pertumbuhan sel dan aktivitas enzim yang dihasilkan oleh bakteri. Kemudian dengan penambahan nutrient guna untuk mempercepat pertumbuhan mikroba lokal yang terdapat pada media yang tercemar. Nutrient utama yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme adalah karbon (C), nitrogen (N), fosfor (P) dan unsur hara mikro lainnya (Maulida, 2022).

2.6.2. Faktor Fisik

a) Suhu

Perubahan suhu secara fluktuasi disebabkan oleh evaporasi dari bahan baku kompos. Kemudian penurunan suhu juga terjadi disebabkan oleh perubahan partikel bahan baku kompos menjadi lebih kecil dan ringan sehingga kemampuannya untuk menyimpan panas berkurang. Oleh karena itu suhu optimal sangat krusial pada proses bioremediasi (Prasidya dkk., 2022).

b) Kadar Air

Pada umumnya tanah memiliki kadar air antara 15% sampai dengan 100%, namun jika berada di bawah 40% maka pada proses bioremediasi akan berjalan lambat, namun untuk tercapai kondisi optimal degradasi hidrokarbon idealnya berkisar antara 40% sampai dengan 60%. Pada kondisi yang terlalu kering akan menyebabkan terhambatnya aktivitas

mikroba, sedangkan pada kondisi terlalu basah akan menyebabkan kondisi tanpa oksigen (anaerobik) (Yulianto dkk., 2018).

2.6.3. Faktor Kimia

a) pH

Derajat keasaman (pH) sangat berpengaruh terhadap kehidupan mikroorganisme pada proses biodegradasi hidrokarbon. Sebagian besar biodegradasi yang dilakukan oleh mikroorganisme terjadi pada skala pH nertal (sekitar 6-8). Pada kondisi jika nilai pH yang ekstrim, pada beberapa jenis tanah yang berbeda akan mempengaruhi kecepatan degradasi hidrokarbon (Juliani dan Rahman, 2011).

b) Konsentrasi Zat Tercemar

Tingkat konsentrasi zat tercemar awal pada media tanah mempengaruhi proses bioremediasi. Konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menjadi racun bagi mikroorganisme, sehingga memperlambat atau menghentikan proses degradasi (Tuhuloula dan Juliastuti, 2020).

2.7. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai bioremediasi tanah yang tercemar hidrokarbon minyak bumi telah berkembang cukup pesat dalam beberapa tahun terakhir. Berbagai metode telah diterapkan untuk menurunkan konsentrasi *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH), mulai dari penggunaan mikroorganisme indigenous, penambahan nutrisi anorganik, hingga pemanfaatan bahan organik sebagai agen biostimulasi. Upaya tersebut dilakukan untuk meningkatkan aktivitas mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon sehingga proses pemulihan tanah tercemar dapat berlangsung lebih efektif dan ramah lingkungan.

Perkembangan penelitian menunjukkan bahwa teknik *composting* menjadi salah satu metode bioremediasi yang banyak digunakan karena mampu menyediakan kondisi yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme pengurai hidrokarbon. Penambahan bahan organik pada proses *composting* tidak hanya berfungsi sebagai sumber nutrisi, tetapi juga berperan dalam memperbaiki sifat fisik

dan kimia tanah yang mengalami pencemaran. Keunggulan tersebut menjadikan metode composting banyak diterapkan dalam penelitian pengolahan tanah tercemar minyak bumi maupun limbah oli bekas.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa bahan organik seperti kompos, pupuk kandang, dan limbah pertanian memiliki kemampuan untuk meningkatkan efektivitas bioremediasi tanah tercemar hidrokarbon. Meskipun demikian, kajian yang secara khusus menggabungkan ampas kopi dan kotoran ayam kampung sebagai biostimulan pada proses bioremediasi composting tanah tercemar oli bekas masih sangat terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya menggunakan satu jenis bahan organik atau berfokus pada jenis pupuk kandang tertentu tanpa mengkaji potensi sinergis dari kombinasi kedua bahan tersebut.

Penelitian ini dikembangkan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui pemanfaatan limbah ampas kopi dan kotoran ayam kampung, baik secara tunggal maupun kombinasi, pada proses bioremediasi composting tanah tercemar oli bekas. Pengukuran efektivitas dilakukan berdasarkan perubahan kadar TPH sebagai parameter utama serta parameter pendukung berupa pH, suhu, dan kadar air. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai komposisi bahan organik yang paling efektif dalam mendukung proses biodegradasi hidrokarbon sekaligus menjadi alternatif teknologi remediasi yang ekonomis dan ramah lingkungan.

Ringkasan penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian ini disajikan pada Tabel 2.2 untuk memperlihatkan perbandingan tujuan, metode, variabel penelitian, serta hasil yang diperoleh dari masing-masing penelitian.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian dan Variabel yang di Teliti	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Any Juliani & Fudhola Rahman (2011).	Bioremediasi Lumpur Minyak (Oil Sludge) dengan Penambahan Kompos sebagai Bulking Agent dan Sumber Nutrien Tambahan (Juliani & Rahman, 2011).	Mengetahui pengaruh penambahan kompos terhadap proses biodegradasi hidrokarbon pada lumpur minyak. Variabel yang diamati yaitu kadar hidrokarbon, suhu, kadar air, dan aktivitas mikroorganisme.	Metode composting dengan penambahan kompos sebagai sumber nutrisi tambahan pada media tercemar hidrokarbon.	Penambahan kompos mampu meningkatkan aktivitas mikroorganisme sehingga proses degradasi hidrokarbon berlangsung lebih cepat dibandingkan tanpa penambahan kompos.
2	Sonia Rasmadita Dewi, Winardi, & Aini Sulastri (2023).	Bioremediasi Tanah Tercemar Limbah Oli Bekas dengan Metode Composting (Dewi dkk., 2023).	Menganalisis kemampuan metode composting dalam menurunkan kadar hidrokarbon pada tanah tercemar oli bekas. Variabel yang diamati yaitu TPH, suhu, pH, dan kadar air.	Pengolahan tanah tercemar menggunakan metode composting selama beberapa minggu dengan pemantauan parameter lingkungan.	Terjadi penurunan kadar TPH secara bertahap selama proses composting yang menunjukkan aktivitas biodegradasi berjalan dengan baik.
3	Arief Rahman, Mudatsir, & Husnawati Yahya (2024).	Chicken Manure as Biostimulant for Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) Removal in Oil Contaminated Soil (Rahman dkk., n.d.).	Mengetahui pengaruh kotoran ayam sebagai biostimulan terhadap penyisihan TPH pada tanah tercemar minyak. Variabel yang diamati meliputi kadar TPH dan kondisi lingkungan media.	Bioremediasi menggunakan penambahan kotoran ayam pada tanah tercemar hidrokarbon dengan variasi perlakuan tertentu.	Kotoran ayam mampu meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi mikroorganisme sehingga mempercepat proses degradasi hidrokarbon dalam tanah.
4	Afriliana, Hidayat, Mitoma, Masuda, & Harada (2021).	Studies on Composting Spent Coffee Grounds by <i>Aspergillus</i> sp. and <i>Penicillium</i> sp. in Aerobic Static Batch Temperature Control (Afriliana dkk., 2021)	Mengetahui potensi ampas kopi sebagai bahan organik dalam proses composting. Variabel yang diamati meliputi suhu, pH, dan kualitas kompos.	Composting aerobik menggunakan ampas kopi dengan bantuan mikroorganisme <i>Aspergillus</i> sp. dan <i>Penicillium</i> sp.	Ampas kopi mengandung nutrisi yang mendukung aktivitas mikroorganisme dan berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan organik pada proses composting

5	Tuhuloula & Juliastuti (2020).	Pemanfaatan Bakteri <i>Bacillus cereus</i> pada Proses Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi dengan Metode Slurry Bioreactor (Tuhuloula & Juliastuti, 2020).	Mengetahui kemampuan <i>Bacillus cereus</i> dalam mendegradasi hidrokarbon minyak bumi. Variabel yang diamati yaitu TPH dan pertumbuhan bakteri.	Metode slurry bioreactor dengan penambahan kultur <i>Bacillus cereus</i> pada tanah tercemar minyak bumi.	<i>Bacillus cereus</i> mampu mempercepat degradasi hidrokarbon sehingga terjadi penurunan kadar TPH selama proses pengolahan.
6	Prayitno (2017).	Ujicoba Konsorsium Mikroba dalam Upaya Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak dengan Menggunakan Teknik Landfarming Skala Bangku (Prayitno, n.d.)	Mengetahui efektivitas konsorsium mikroba dalam mendegradasi minyak bumi pada tanah tercemar. Variabel yang diamati yaitu TPH dan jumlah mikroorganisme.	Metode landfarming dengan penambahan konsorsium mikroba pada tanah tercemar minyak bumi.	Konsorsium mikroba mampu meningkatkan laju degradasi hidrokarbon sehingga kadar pencemar menurun secara signifikan.
7	Putra dkk. (2025)	Pemanfaatan Limbah Ampas Kopi dan Pupuk Kandang Sapi terhadap Kualitas Kompos (Putra dkk., 2025)	Mengetahui pengaruh ampas kopi terhadap kualitas kompos yang dihasilkan. Variabel yang diamati yaitu pH, kandungan fosfor, kalium, dan bahan organik.	Pengomposan menggunakan kombinasi ampas kopi dan pupuk kandang dengan beberapa variasi komposisi.	Ampas kopi terbukti mampu meningkatkan kualitas kompos serta menyediakan nutrisi yang dibutuhkan mikroorganisme.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian dan pengujian parameter dilakukan di Laboratorium Multifungsi Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh yang berlokasi di Jalan Lingkar Kampus UIN Ar-Raniry, Rukoh, Darussalam, Banda Aceh. Penelitian ini dilaksanakan selama kurang lebih empat bulan yang meliputi tahap persiapan alat dan bahan, pengambilan sampel tanah tercemar oli, preparasi sampel, persiapan reaktor, pelaksanaan proses bioremediasi dengan metode composting menggunakan ampas kopi dan kotoran ayam kampung, pengujian parameter penelitian, analisis data, serta penyusunan laporan penelitian.

Tahapan penelitian diawali dengan pengambilan sampel tanah tercemar oli dari lokasi penelitian yang kemudian dilanjutkan dengan proses preparasi dan penyiapan media bioremediasi. Proses composting dilakukan pada masing-masing perlakuan selama 10 hari dengan variasi penambahan ampas kopi, kotoran ayam kampung, dan kombinasi keduanya. Pengamatan terhadap parameter pH, suhu, dan kadar air dilakukan secara berkala untuk mengetahui kondisi yang memengaruhi proses biodegradasi. Pengujian *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) dilakukan pada awal dan akhir masa perlakuan untuk mengevaluasi efektivitas bioremediasi dalam menurunkan kandungan hidrokarbon pada tanah tercemar oli. Data hasil pengujian selanjutnya dianalisis untuk mengetahui pengaruh masing-masing perlakuan terhadap penurunan kadar TPH. Rincian waktu pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1.

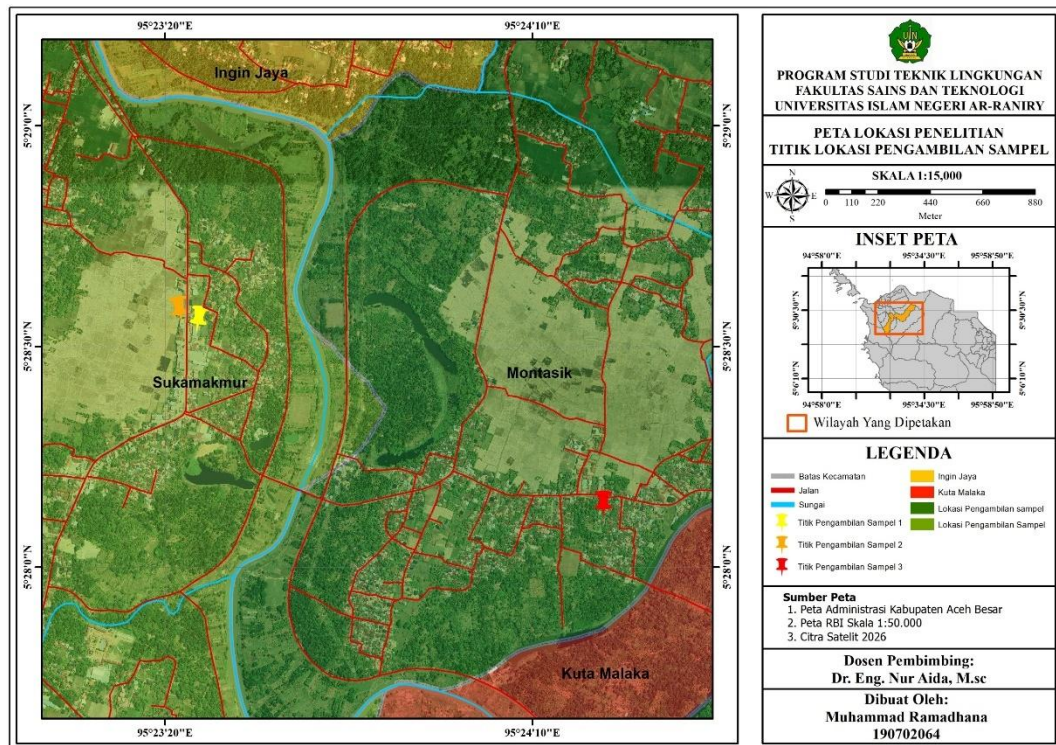
Tabel 3. 1 Waktu Penelitian

No	Uraian Kegiatan	2025								2026											
		Maret				April				Mei				Juni				Juli			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur																				
2	Observasi																				
3	Persiapan Alat & Bahan																				
4	Pengambilan Sampel																				
5	Pengujian Laboratorium																				
6	Pengolahan data dan penyusunan skripsi																				

3.2. Objek dan Lokasi Pengambilan sampel

Lokasi penelitian ini berada di wilayah Kecamatan Suka Makmur, Kabupaten Aceh Besar, Provinsi Aceh. Sampel tanah tercemar oli diambil dari area bengkel yang terletak di Desa Aneuk Galong Titi, Kecamatan Suka Makmur, yang ditandai sebagai titik pengambilan sampel pada peta lokasi penelitian. Pemilihan lokasi tersebut didasarkan pada hasil survei lapangan yang menunjukkan adanya aktivitas perbengkelan yang berpotensi menyebabkan pencemaran tanah akibat tumpahan dan pembuangan oli bekas secara langsung ke lingkungan sekitar. Kondisi tersebut mengakibatkan tanah di lokasi penelitian terkontaminasi senyawa hidrokarbon yang berasal dari limbah oli sehingga layak dijadikan objek penelitian bioremediasi.

Wilayah penelitian berada pada kawasan yang berbatasan dengan Kecamatan Ingin Jaya di bagian utara, Kecamatan Montasik di bagian timur, dan Kecamatan Kuta Malaka di bagian selatan. Lokasi pengambilan sampel dipilih karena merepresentasikan area yang mengalami pencemaran oli akibat aktivitas bengkel serta belum mendapatkan perlakuan pengolahan atau remediasi sebelumnya. Untuk memperjelas lokasi pengambilan sampel dan wilayah penelitian, peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Lokasi Pengambilan Sampel

3.3. Sampel dan Bahan Penelitian

3.3.1. Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam proses penelitian dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3. 2 Alat yang digunakan pada penelitian

Alat	Peruntukan
Reaktor plastik (15 cm × 10 cm)	Sebagai wadah media tanah dan perlakuan selama proses bioremediasi composting berlangsung.
Timbangan digital	Menimbang massa tanah, ampas kopi, kotoran ayam kampung, dan sampel uji dengan ketelitian tinggi.
pH meter digital	Mengukur nilai pH media tanah selama proses bioremediasi.
Termometer	Mengukur suhu media tanah pada setiap perlakuan
Oven	Mengeringkan sampel dan menguapkan pelarut n-heksana pada analisis TPH serta menentukan kadar air.
Desikator	Mendinginkan sampel setelah proses pemanasan dalam oven dan menjaga agar tidak menyerap uap air dari udara.

Mortar dan alu porselen	Menghaluskan dan menghomogenkan sampel tanah sebelum digunakan dalam penelitian
Erlenmeyer	Wadah proses ekstraksi hidrokarbon dari sampel tanah menggunakan pelarut n-heksan.
Magnetic stirrer	Menghomogenkan campuran sampel dan aquades pada pengukuran pH.
Shaker	Membantu proses ekstraksi hidrokarbon dari sampel tanah agar kontak antara sampel dan pelarut berlangsung optimal.
Kertas saring	Menyaring partikel tanah dari larutan hasil ekstraksi TPH.
Vial/Botol sampel	Wadah penampung filtrat hasil ekstraksi sebelum proses penguapan pelarut.
Spatula	Membantu pengambilan dan pemindahan sampel tanah selama penelitian.
Cawan aluminium foil/Petri dish	Wadah sampel pada pengujian kadar air.

Bahan-bahan yang digunakan didalam peneletian dapat dilihat pada tabel 3.2

Tabel 3. 3 Bahan yang digunakan dalam penelitian

Bahan	Fungsi / Peruntukan
Tanah tercemar oli	Sebagai objek utama penelitian yang akan diremediasi menggunakan metode composting.
Ampas Kopi	Sebagai biostimulan dan sumber bahan organik yang menyediakan nutrisi bagi mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon.
Kotoran Ayam Kampung	Sebagai biostimulan yang berfungsi menambah unsur hara terutama nitrogen untuk meningkatkan aktivitas mikroorganisme.
Aquades	Digunakan dalam pengukuran pH dan menjaga kelembaban media selama proses composting.
n-Heksana	Pelarut organik yang digunakan untuk mengekstraksi kandungan hidrokarbon pada analisis TPH metode gravimetri.
Kertas label	Memberikan identitas pada setiap perlakuan dan ulangan penelitian.
Solatip/plastik penutup	Menutup wadah sampel selama proses penyimpanan dan transportasi.

3.3.2. Teknik Pengambilan Sampel

Metode pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan teknik Grab Sampling (sampel sesaat) yang mengacu pada SNI 8995:2021 tentang Metode Pengambilan Contoh Tanah untuk Analisis Lingkungan. Teknik ini dilakukan dengan mengambil sampel tanah secara langsung pada waktu dan lokasi tertentu yang dianggap dapat mewakili kondisi aktual tanah tercemar di area penelitian. Penggunaan metode grab sampling dinilai sesuai karena penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas bioremediasi pada tanah yang telah terkontaminasi oli bekas akibat aktivitas perbengkelan.

Adapun prosedur pengambilan sampel tanah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penentuan lokasi pengambilan sampel dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan pada area bengkel yang menunjukkan indikasi pencemaran oli, seperti perubahan warna tanah menjadi lebih gelap, munculnya bau khas hidrokarbon, dan adanya bekas tumpahan oli pada permukaan tanah.
2. Pengambilan sampel tanah dilakukan menggunakan sekop atau cangkul yang bersih pada kedalaman sekitar 0–20 cm dari permukaan tanah sesuai dengan pedoman pengambilan sampel tanah lingkungan yang tercantum dalam SNI 8995:2021. Lapisan tersebut dipilih karena merupakan zona yang paling sering terpapar limbah oli dan aktivitas pencemaran.
3. Sampel tanah yang telah diperoleh dimasukkan ke dalam wadah atau kantong sampel yang bersih dan diberi label identitas untuk memudahkan proses identifikasi selama penelitian. Sampel kemudian disimpan dan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan preparasi sebelum digunakan sebagai media bioremediasi.
4. Preparasi sampel dilakukan dengan menghilangkan material asing seperti batu, akar tanaman, dan sampah lainnya, kemudian tanah dihomogenkan agar karakteristik sampel lebih seragam pada setiap perlakuan penelitian.

Metode Grab Sampling dipilih karena mampu memberikan gambaran kondisi pencemaran tanah pada saat pengambilan sampel dilakukan. Teknik ini banyak digunakan dalam penelitian lingkungan untuk memperoleh sampel yang

representatif terhadap kondisi lapangan dalam waktu tertentu. Sampel tanah yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai media penelitian untuk mengevaluasi efektivitas metode composting dengan penambahan ampas kopi dan kotoran ayam kampung dalam menurunkan kadar Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) pada tanah tercemar oli. Acuan pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada SNI 8995:2021 tentang Metode Pengambilan Contoh Tanah untuk Analisis Lingkungan guna menjamin kesesuaian prosedur dan kualitas sampel yang diperoleh.

3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Persiapan Bahan Penelitian

Tahap persiapan dilakukan untuk memperoleh bahan penelitian yang siap digunakan pada proses bioremediasi. Sampel tanah tercemar oli diambil dari area bengkel yang berada di Kecamatan Suka Makmur, Kabupaten Aceh Besar. Tanah yang telah diperoleh kemudian dibersihkan dari material asing seperti batu, akar tanaman, plastik, dan sampah lainnya. Sampel tanah selanjutnya dihomogenkan untuk memperoleh karakteristik yang relatif seragam pada setiap perlakuan.

Ampas kopi yang digunakan dalam penelitian diperoleh dari limbah hasil penyeduhan kopi. Ampas kopi terlebih dahulu dikeringkan di bawah sinar matahari selama beberapa hari hingga kadar airnya berkurang. Setelah kering, ampas kopi dihaluskan dan disaring untuk memperoleh ukuran partikel yang lebih seragam. Kotoran ayam kampung yang digunakan sebagai biostimulan juga dikeringkan terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air dan meminimalkan gangguan selama proses composting. Perlakuan awal terhadap bahan organik dilakukan untuk meningkatkan kestabilan bahan dan mempermudah proses pencampuran dengan tanah tercemar (Afriliana dkk., 2021).

3.4.2. Pembuatan Reaktor Bioremediasi

Penelitian ini menggunakan metode bioremediasi ex-situ dengan teknik composting. Reaktor yang digunakan berupa wadah plastik yang telah diberi lubang aerasi pada bagian samping untuk menjaga ketersediaan oksigen selama proses biodegradasi berlangsung. Setiap reaktor diisi dengan tanah tercemar oli sebanyak

300 gram sesuai dengan rancangan penelitian. Selanjutnya dilakukan penambahan bahan organik sesuai dengan variasi perlakuan yang telah ditentukan.

Perlakuan yang digunakan dalam penelitian terdiri atas empat perlakuan, yaitu kontrol tanpa penambahan biostimulan (K), perlakuan dengan penambahan ampas kopi sebanyak 300 gram (P1), perlakuan dengan penambahan kotoran ayam kampung sebanyak 300 gram (P2), serta perlakuan kombinasi ampas kopi dan kotoran ayam kampung masing-masing sebanyak 150 gram (P3). Setiap perlakuan dilakukan sebanyak tiga kali ulangan untuk meningkatkan tingkat kepercayaan data penelitian. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 3.4

Tabel 3. 4 Variasi Perlakuan Penelitian

Kode Perlakuan	Komposisi Perlakuan		
	Tanah Yang tercemar	Ampas Kopi	Kotoran Ayam Kampung
K	300 Gram	-	-
P1	300 Gram	300 Gram	-
P2	300 Gram	-	300 Gram
P3	300 Gram	150 Gram	150 Gram

3.4.3. Pelaksanaan Bioremediasi Komposting

Proses bioremediasi dilakukan dengan mencampurkan tanah tercemar oli dan bahan organik sesuai variasi perlakuan hingga homogen. Campuran tersebut kemudian dimasukkan ke dalam reaktor composting dan dijaga pada kondisi kelembaban optimum dengan penambahan aquades apabila diperlukan. Kelembaban media dipertahankan pada kisaran yang mendukung aktivitas mikroorganisme sehingga proses biodegradasi dapat berlangsung secara optimal (Juliani & Rahman, 2011).

Proses composting dilakukan selama 10 hari. Selama periode penelitian, media composting dibalik secara berkala untuk menjaga aerasi dan distribusi nutrisi di dalam reaktor. Ketersediaan oksigen menjadi faktor penting karena sebagian besar mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon bekerja secara aerobik. Aktivitas mikroorganisme selama proses composting diharapkan mampu memanfaatkan senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam oli sebagai sumber

karbon dan energi sehingga kadar Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) dapat menurun (Dewi dkk., 2023).

3.4.4. Pengamatan Parameter Penelitian

Pengamatan dilakukan terhadap parameter utama dan parameter pendukung selama proses bioremediasi berlangsung. Parameter utama yang diamati adalah Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) sebagai indikator keberhasilan proses biodegradasi hidrokarbon. Pengukuran TPH dilakukan pada awal penelitian (hari ke-0) dan akhir penelitian (hari ke-10) menggunakan metode gravimetri.

Parameter pendukung yang diamati meliputi suhu, pH, dan kadar air. Pengukuran suhu dilakukan menggunakan termometer untuk mengetahui aktivitas mikroorganisme selama proses composting. Nilai pH diukur menggunakan pH meter untuk memastikan kondisi media tetap berada pada rentang yang sesuai bagi pertumbuhan mikroorganisme. Kadar air diamati secara berkala karena kelembaban media sangat mempengaruhi aktivitas biodegradasi hidrokarbon (Maulida, 2022).

3.4.5. Analisis Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)

Analisis TPH dilakukan menggunakan metode gravimetri. Sampel tanah yang telah diambil ditimbang terlebih dahulu, kemudian diekstraksi menggunakan pelarut n-heksana untuk melarutkan senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam sampel. Larutan hasil ekstraksi kemudian disaring untuk memisahkan partikel tanah dari pelarut.

Filtrat yang diperoleh selanjutnya diuapkan menggunakan oven hingga seluruh pelarut menguap dan hanya tersisa residu hidrokarbon. Selisih massa sebelum dan sesudah proses ekstraksi digunakan untuk menentukan kadar TPH dalam sampel tanah. Metode gravimetri dipilih karena relatif sederhana dan banyak digunakan dalam penelitian bioremediasi tanah tercemar hidrokarbon (Handrianto, 2018).

3.4.6. Analisis Data

Data hasil pengukuran TPH, suhu, pH, dan kadar air dianalisis secara deskriptif dan kuantitatif untuk mengetahui efektivitas masing-masing perlakuan dalam menurunkan kadar hidrokarbon pada tanah tercemar oli. Efektivitas penurunan TPH dihitung berdasarkan perbandingan konsentrasi awal dan konsentrasi akhir menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{(TPH_0 - TPH_t)}{TPH_0} \times 100$$

Keterangan:

Ep = Efektivitas penyisihan

TPH_0 = Konsentrasi TPH awal (%)

TPH_t = Konsentrasi TPH akhir (%)

Nilai efektivitas yang diperoleh digunakan untuk menentukan perlakuan yang paling efektif dalam meningkatkan proses biodegradasi hidrokarbon selama bioremediasi berlangsung. Hasil penelitian selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi data serta pembahasan hasil penelitian.

3.5. Tahapan Umum Penelitian

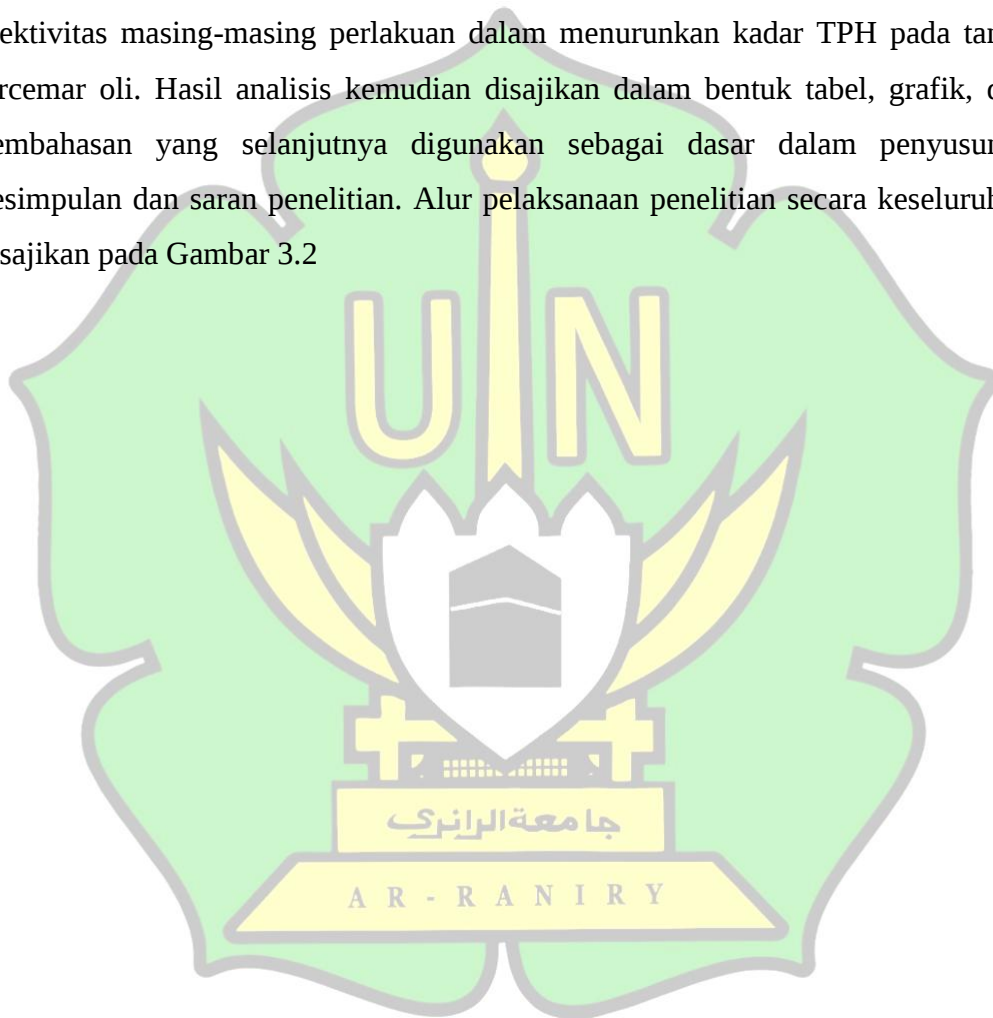
Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk mengetahui efektivitas bioremediasi menggunakan metode composting dalam menurunkan kadar Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) pada tanah yang tercemar oli bekas. Pelaksanaan penelitian dilakukan secara bertahap mulai dari identifikasi permasalahan, studi literatur, pengambilan sampel, pelaksanaan proses bioremediasi, pengujian parameter penelitian, hingga analisis data dan penyusunan Kesimpulan.

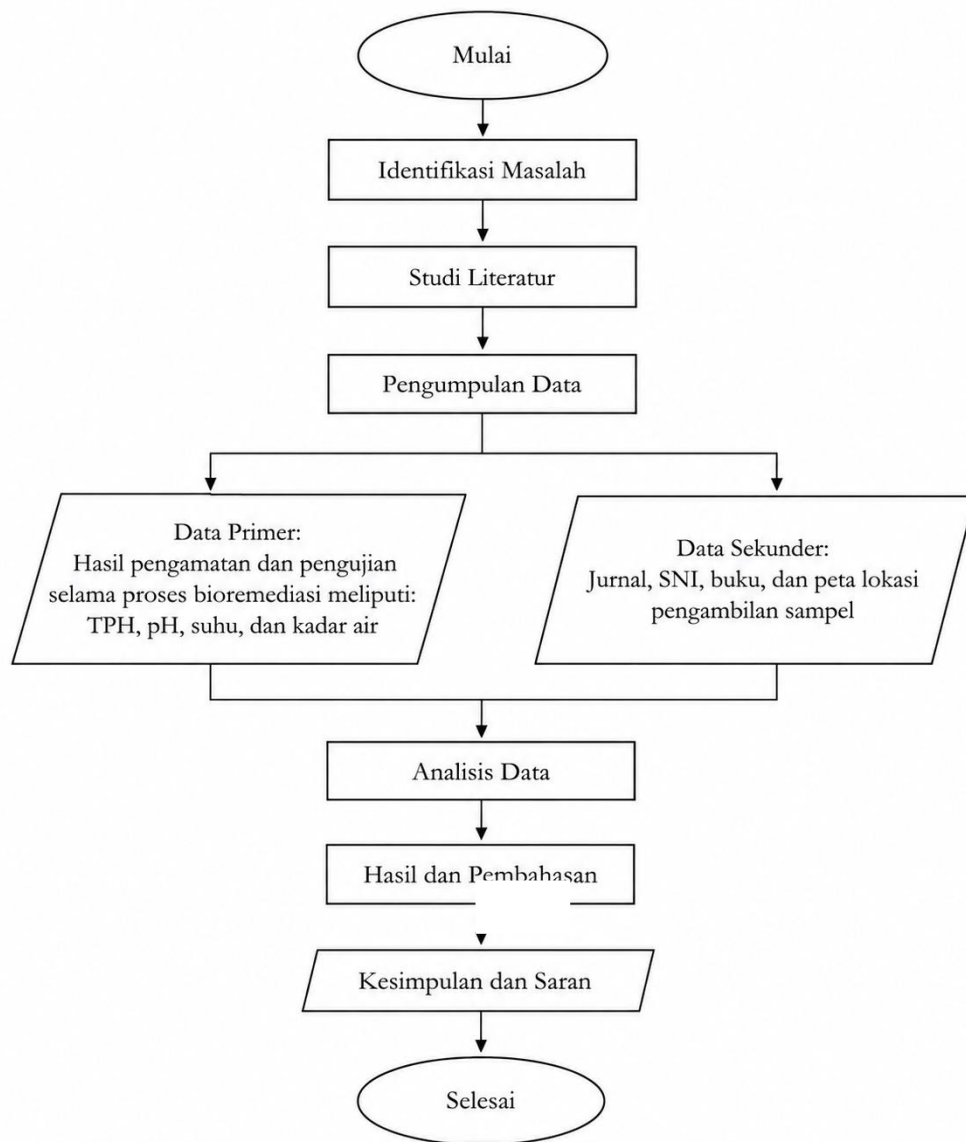
Tahap awal penelitian diawali dengan identifikasi permasalahan yang berkaitan dengan pencemaran tanah akibat limbah oli bekas dari aktivitas perbengkelan. Informasi pendukung kemudian dikumpulkan melalui studi literatur yang bersumber dari jurnal ilmiah, buku, standar nasional, serta penelitian terdahulu yang relevan dengan bioremediasi hidrokarbon dan metode composting.

Tahap selanjutnya yaitu pengambilan sampel tanah tercemar oli dari lokasi penelitian yang telah ditentukan berdasarkan hasil observasi lapangan. Sampel tanah yang diperoleh kemudian dipersiapkan dan dicampurkan dengan ampas kopi serta kotoran ayam kampung sesuai dengan variasi perlakuan yang telah dirancang. Proses bioremediasi dilakukan menggunakan metode composting selama 10 hari dengan pengamatan parameter suhu, pH, dan kadar air secara berkala.

Data yang diperoleh dalam penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer meliputi hasil pengukuran kadar Total Petroleum Hydrocarbon (TPH), pH, suhu, dan kadar air selama proses bioremediasi berlangsung. Data sekunder diperoleh dari berbagai sumber pustaka, standar nasional, peta lokasi penelitian, serta dokumen pendukung lainnya yang berkaitan dengan penelitian.

Tahap akhir penelitian dilakukan melalui analisis data untuk mengetahui efektivitas masing-masing perlakuan dalam menurunkan kadar TPH pada tanah tercemar oli. Hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan pembahasan yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penyusunan kesimpulan dan saran penelitian. Alur pelaksanaan penelitian secara keseluruhan disajikan pada Gambar 3.2





Gambar 3. 2 Diagram Alir Peneltian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui efektivitas bioremediasi tanah tercemar oli bekas menggunakan metode *composting* dengan penambahan ampas kopi dan kotoran ayam kampung, baik secara tunggal maupun kombinasi. Proses bioremediasi dilakukan selama 10 hari dengan pengamatan terhadap parameter utama berupa kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) serta parameter pendukung meliputi pH, suhu, dan kadar air. Pengukuran kadar TPH dilakukan pada hari ke-0, ke-3, ke-7, dan ke-10, sedangkan parameter pendukung diukur setiap hari selama masa pengomposan berlangsung.

4.1.1. Kadar Awal Tanah Tercemar

Berdasarkan hasil analisis awal terhadap sampel tanah yang diambil dari lokasi penelitian di Desa Aneuk Galong Titi, Kecamatan Suka Makmur, Kabupaten Aceh Besar, diperoleh kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) awal sebesar 6,2%. Nilai ini menunjukkan bahwa tanah di lokasi penelitian telah mengalami pencemaran hidrokarbon yang cukup berat akibat aktivitas pembuangan limbah oli bekas dari bengkel kendaraan bermotor. Apabila mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi Secara Biologis, kadar TPH maksimum yang diperbolehkan setelah proses pengolahan adalah 1% atau 10.000 mg/kg. Dengan demikian, kadar awal TPH sebesar 6,2% tersebut berada jauh di atas baku mutu yang ditetapkan, sehingga diperlukan upaya remediasi untuk menurunkan konsentrasi hidrokarbon dalam tanah.

Hasil pengukuran awal juga menunjukkan kondisi tanah tercemar memiliki nilai pH sebesar 6,8, suhu 28°C, dan kadar air 22%. Kondisi awal tersebut masih berada dalam rentang yang memungkinkan bagi mikroorganisme untuk melakukan aktivitas metabolisme, meskipun kadar air tanah yang tergolong rendah (di bawah 40%) dapat menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan dan aktivitas mikroba pendegradasi hidrokarbon.

4.1.2. Kadar Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)

Tabel 4. 1 Kadar TPH pada Berbagai Perlakuan Selama 10 Hari Pengomposan

Perlakuan	Hari ke-0 (%)	Hari ke-3 (%)	Hari ke-7 (%)	Hari ke-10 (%)	Efektivitas Penurunan (%)
K (Kontrol)	6,2	5,95	5,7	5,48	11,61
P1 (Ampas Kopi 300 g)	6,2	5,6	4,75	4,02	35,16
P2 (Kotoran Ayam 300 g)	6,2	5,3	4,2	3,35	45,97
P3 (Kombinasi 150 g + 150 g)	6,2	5,05	3,65	2,78	55,16

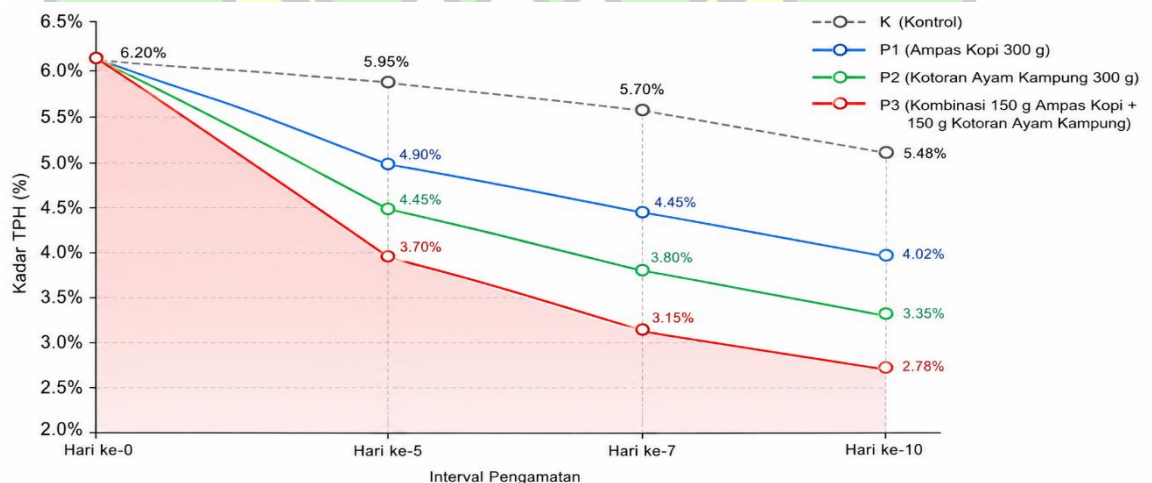
Berdasarkan data pada Tabel 4.1, seluruh perlakuan menunjukkan penurunan kadar TPH selama masa pengomposan 10 hari, meskipun dengan tingkat efektivitas yang berbeda-beda. Perlakuan kontrol (K) tanpa penambahan biostimulan menunjukkan penurunan TPH dari 6,20% menjadi 5,48% dengan efektivitas penurunan sebesar 11,61%. Penurunan pada perlakuan kontrol ini disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme indigenous yang secara alami terdapat dalam tanah serta proses volatilisasi atau penguapan senyawa hidrokarbon ringan selama masa inkubasi.

Perlakuan P1 dengan penambahan ampas kopi sebanyak 300 gram menunjukkan penurunan kadar TPH dari 6,20% menjadi 4,02% dengan efektivitas penurunan sebesar 35,16%. Penurunan ini mengindikasikan bahwa ampas kopi mampu berperan sebagai biostimulan yang menyediakan nutrisi bagi mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon. Kandungan nitrogen (N) sebesar 2,28%, fosfor (P) 0,06%, dan kalium (K) 0,6% dalam ampas kopi serta rasio C/N yang mendekati 20:1 menjadikannya sumber nutrisi yang potensial untuk mendukung pertumbuhan mikroba.

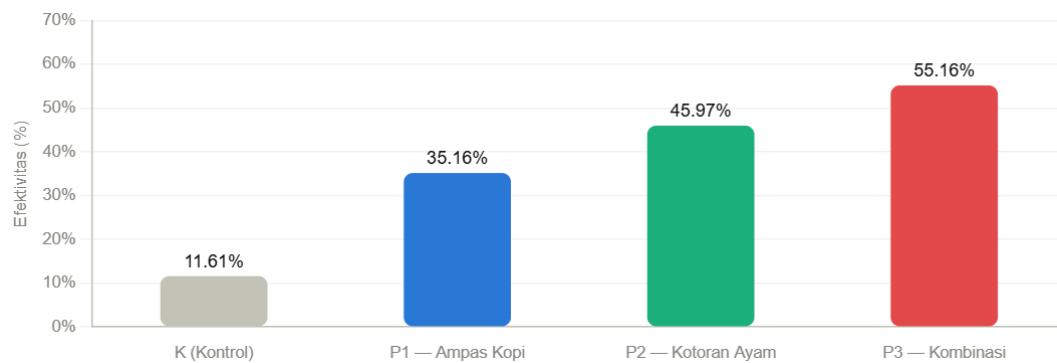
Perlakuan P2 dengan penambahan kotoran ayam kampung sebanyak 300 gram menunjukkan penurunan kadar TPH yang lebih tinggi, dari 6,20% menjadi 3,35% dengan efektivitas penurunan sebesar 45,97%. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa kotoran ayam dapat berperan sebagai biostimulan yang efektif dalam proses biodegradasi hidrokarbon minyak

bumi. Penelitian oleh Rahman dkk. (2025) melaporkan bahwa biostimulasi menggunakan kotoran ayam mampu menurunkan kadar TPH dari 6% menjadi 2% dalam waktu 21 hari dengan persentase penurunan 66,67%. Meskipun durasi pengomposan dalam penelitian ini lebih singkat (10 hari), penurunan TPH sebesar 45,97% menunjukkan bahwa kotoran ayam kampung memiliki potensi yang baik sebagai agen biostimulasi.

Perlakuan P3 yang merupakan kombinasi ampas kopi dan kotoran ayam kampung masing-masing sebanyak 150 gram menunjukkan efektivitas penurunan TPH tertinggi, yaitu dari 6,20% menjadi 2,78% dengan efektivitas penurunan sebesar 55,16%. Hasil ini mengindikasikan adanya efek sinergis antara ampas kopi dan kotoran ayam kampung dalam menyediakan nutrisi yang lebih lengkap dan beragam bagi mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon. Kombinasi kedua bahan organik tersebut diduga mampu menyediakan keseimbangan nutrisi yang lebih optimal, termasuk karbon, nitrogen, fosfor, serta unsur hara mikro lainnya yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan aktivitas metabolisme mikroba. Penurunan efektivitas TPH dapat dilihat pada gambar grafik 4.1



Gambar 4. 1 Perubahan Kadar Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)



Gambar 4. 2 Perbandingan Efektivitas Penurunan TPH Antar Perlakuan

4.1.3. Perubahan Nilai pH

Hasil pengukuran pH pada setiap perlakuan selama 10 hari pengomposan disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Perubahan Nilai pH pada Berbagai Perlakuan

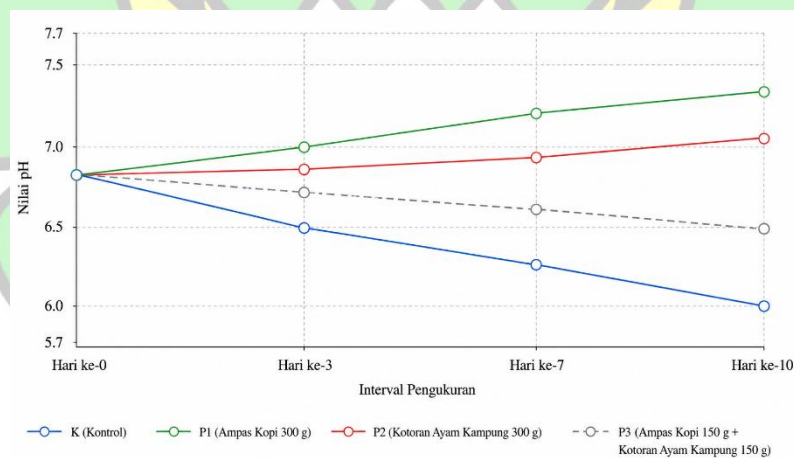
Perlakuan	Hari ke-0	Hari ke-3	Hari ke-7	Hari ke-10
K (Kontrol)	6,8	6,7	6,5	6,6
P1 (Ampas Kopi 300 g)	6,8	6,5	6,0	6,3
P2 (Kotoran Ayam 300 g)	6,8	7	7,4	7,2
P3 (Kombinasi 150 g + 150 g)	6,8	6,8	6,1	6,9

Berdasarkan data pada Tabel 4.2, terjadi perubahan nilai pH yang bervariasi pada setiap perlakuan selama proses pengomposan berlangsung. Pada perlakuan kontrol (K), terjadi penurunan pH secara bertahap dari 6,8 menjadi 6,5. Penurunan pH pada kontrol disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme indigenous yang menghasilkan asam-asam organik sebagai produk samping metabolisme selama proses degradasi bahan organik.

Perlakuan P1 dengan penambahan ampas kopi menunjukkan penurunan pH yang lebih signifikan, dari 6,8 menjadi 6,0 pada hari ke-10. Penurunan pH ini disebabkan oleh sifat ampas kopi yang cenderung asam dengan pH berkisar antara 4,5 hingga 5,5 serta produksi asam organik selama proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme. Meskipun terjadi penurunan pH, nilai pH akhir sebesar 6,0 masih berada dalam rentang yang mendukung aktivitas mikroorganisme, yaitu pH 6-8.

Perlakuan P2 dengan penambahan kotoran ayam kampung menunjukkan peningkatan pH dari 6,8 menjadi 7,4 pada hari ke-10. Peningkatan pH ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penambahan kotoran ayam dapat meningkatkan nilai pH tanah yang tercemar. Kotoran ayam mengandung senyawa-senyawa basa seperti amonia (NH_3) yang terbentuk dari proses dekomposisi protein dan urea, sehingga mampu menetralkan pH tanah yang cenderung asam dan menciptakan kondisi yang lebih mendukung bagi aktivitas mikroorganisme.

Perlakuan P3 dengan kombinasi ampas kopi dan kotoran ayam kampung menunjukkan peningkatan pH dari 6,8 menjadi 7,1 pada hari ke-10. Peningkatan pH pada perlakuan ini tidak setinggi pada P2, karena adanya pengaruh asam dari ampas kopi yang mengimbangi efek peningkatan pH dari kotoran ayam. Nilai pH akhir sebesar 7,1 menunjukkan bahwa kombinasi kedua bahan organik tersebut menghasilkan kondisi pH yang mendekati netral dan sangat optimal bagi aktivitas mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon. Perubahan nilai pH dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4. 3 Perubahan Nilai pH Media Tanah Selama Pengomposan

4.1.4. Perubahan Suhu

Hasil pengukuran suhu pada setiap perlakuan selama 10 hari pengomposan disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perubahan Suhu pada Berbagai Perlakuan

Perlakuan	Hari ke-0 (°C)	Hari ke-3 (°C)	Hari ke-7 (°C)	Hari ke-10 (°C)
K (Kontrol)	28	28	27	27
P1 (Ampas Kopi 300 g)	28	30	31	29
P2 (Kotoran Ayam 300 g)	28	32	34	31
P3 (Kombinasi 150 g + 150 g)	28	33	35	32

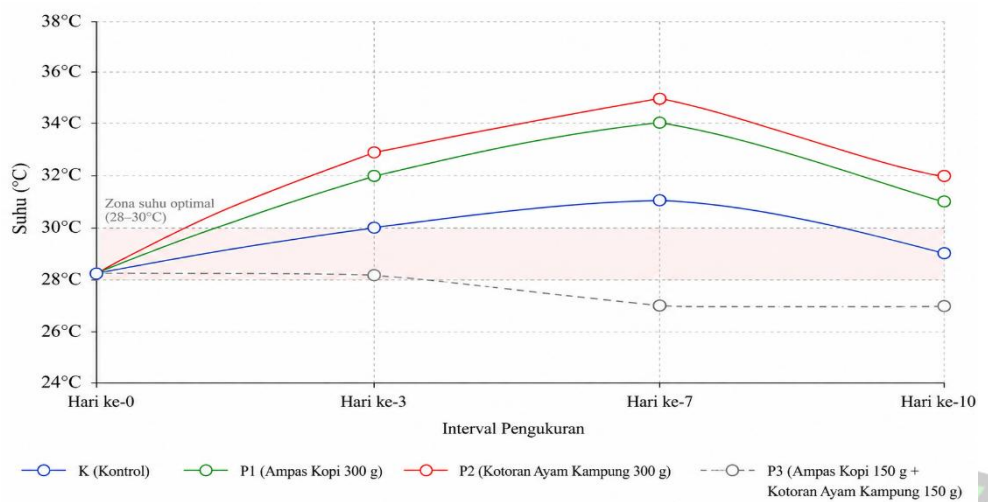
Berdasarkan data pada Tabel 4.3, terjadi peningkatan suhu pada seluruh perlakuan dengan penambahan biostimulan selama proses pengomposan berlangsung. Perlakuan kontrol (K) menunjukkan suhu yang relatif stabil berkisar antara 27-28°C selama 10 hari pengamatan. Suhu yang relatif konstan pada kontrol mengindikasikan rendahnya aktivitas metabolisme mikroorganisme karena keterbatasan nutrisi.

Perlakuan P1 dengan penambahan ampas kopi menunjukkan peningkatan suhu dari 28°C menjadi 31°C pada hari ke-7, kemudian menurun menjadi 29°C pada hari ke-10. Peningkatan suhu ini disebabkan oleh aktivitas metabolisme mikroorganisme yang memecah senyawa organik dalam ampas kopi dan hidrokarbon dalam tanah tercemar, yang menghasilkan panas sebagai produk samping metabolisme.

Perlakuan P2 dengan penambahan kotoran ayam kampung menunjukkan peningkatan suhu yang lebih tinggi, dari 28°C menjadi 34°C pada hari ke-7, kemudian menurun menjadi 31°C pada hari ke-10. Peningkatan suhu yang lebih tinggi pada P2 dibandingkan P1 mengindikasikan bahwa kotoran ayam kampung menyediakan nutrisi yang lebih lengkap bagi mikroorganisme, sehingga aktivitas metabolisme berlangsung lebih intensif. Suhu optimum untuk proses bioremediasi hidrokarbon berkisar antara 30-40°C, sehingga suhu yang tercapai pada P2 masih berada dalam rentang yang mendukung aktivitas mikroorganisme.

Perlakuan P3 dengan kombinasi ampas kopi dan kotoran ayam kampung menunjukkan peningkatan suhu tertinggi, dari 28°C menjadi 35°C pada hari ke-7,

kemudian menurun menjadi 32°C pada hari ke-10. Pola peningkatan suhu pada P3 menunjukkan bahwa kombinasi kedua bahan organik menghasilkan aktivitas mikroorganisme yang paling intensif, yang tercermin dari suhu tertinggi yang dicapai serta penurunan TPH yang paling besar. Perubahan suhu dapat dilihat pada gambar 4.4



Gambar 4. 4 Perubahan Suhu Media Tanah Selama Pengomposan

4.2. Pembahasan

4.2.1. Efektivitas Penurunan TPH

Berdasarkan hasil penelitian, seluruh perlakuan dengan penambahan biostimulan menunjukkan efektivitas penurunan kadar TPH yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan kontrol. Perlakuan P3 (kombinasi ampas kopi dan kotoran ayam kampung) memberikan efektivitas penurunan TPH tertinggi sebesar 55,16%, diikuti oleh P2 (kotoran ayam kampung) sebesar 45,97%, P1 (ampas kopi) sebesar 35,16%, dan kontrol sebesar 11,61%.

Tingginya efektivitas penurunan TPH pada perlakuan P3 menunjukkan bahwa kombinasi ampas kopi dan kotoran ayam kampung menghasilkan efek sinergis dalam mendukung proses biodegradasi hidrokarbon. Kombinasi kedua bahan organik tersebut menyediakan nutrisi yang lebih lengkap dan beragam dibandingkan penggunaan tunggal. Ampas kopi menyumbangkan sumber karbon organik serta unsur hara makro dan mikro, sedangkan kotoran ayam kampung

menyumbangkan nitrogen yang tinggi serta mikroorganisme alami yang turut berperan dalam proses degradasi.

Efektivitas penurunan TPH pada perlakuan P2 (45,97%) dalam waktu 10 hari menunjukkan bahwa kotoran ayam kampung memiliki potensi yang baik sebagai biostimulan. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Rahman dkk. 2024) yang menunjukkan bahwa biostimulasi menggunakan kotoran ayam mampu menurunkan kadar TPH hingga 66,67% dalam waktu 21 hari. Penelitian lain oleh (Okpanachi dkk. 2025) melaporkan penurunan TPH sebesar 67,08% dalam waktu 40 hari menggunakan kotoran ayam sebagai biostimulan. Meskipun durasi pengomposan dalam penelitian ini relatif singkat (10 hari), penurunan TPH sebesar 45,97% menunjukkan bahwa kotoran ayam kampung efektif dalam mempercepat proses biodegradasi hidrokarbon.

Efektivitas penurunan TPH pada perlakuan P1 (35,16%) menunjukkan bahwa ampas kopi juga berpotensi sebagai biostimulan dalam proses bioremediasi. Kandungan nutrisi dalam ampas kopi, terutama nitrogen sebesar 2,28%, mendukung pertumbuhan mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon. Selain itu, struktur fisik ampas kopi yang porous membantu meningkatkan aerasi dan retensi air dalam media tanah, sehingga menciptakan kondisi yang lebih mendukung bagi aktivitas mikroba.

Penurunan TPH pada perlakuan kontrol (11,61%) disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme indigenous yang secara alami terdapat dalam tanah serta proses volatilisasi senyawa hidrokarbon ringan. Namun, penurunan pada kontrol jauh lebih rendah dibandingkan perlakuan dengan penambahan biostimulan, yang mengindikasikan bahwa ketersediaan nutrisi merupakan faktor pembatas utama dalam proses biodegradasi hidrokarbon.

4.2.2. Pengaruh Parameter Pendukung

4.2.2.1. pH

Perubahan nilai pH selama proses pengomposan menunjukkan pola yang berbeda pada setiap perlakuan. Perlakuan dengan penambahan kotoran ayam kampung (P2 dan P3) menunjukkan peningkatan pH, sedangkan perlakuan dengan ampas kopi (P1) menunjukkan penurunan pH.

pH pada perlakuan P2 dan P3 disebabkan oleh kandungan senyawa basa dalam kotoran ayam, terutama amonia (NH_3) yang dihasilkan dari dekomposisi protein dan urea. Penelitian oleh (Mudatstsir, 2024) menunjukkan bahwa penambahan kotoran ayam dapat meningkatkan pH tanah tercemar oli dari 7,7 menjadi 7,1 dalam waktu 21 hari. Penurunan pH ini penting karena menciptakan kondisi lingkungan yang lebih mendukung bagi aktivitas mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon. Menurut (Zam, 2012), pH optimum untuk proses biodegradasi hidrokarbon berkisar antara 6,5-7,0.

Penurunan pH pada perlakuan P1 disebabkan oleh sifat asam dari ampas kopi (pH 4,5-5,5) serta produksi asam organik selama proses dekomposisi bahan organik. Meskipun terjadi penurunan pH, nilai pH akhir sebesar 6,0 masih berada dalam rentang yang mendukung aktivitas mikroorganisme (pH 6-8).

Perlakuan P3 menunjukkan nilai pH akhir sebesar 7,1 yang mendekati netral. Kondisi pH yang mendekati netral ini sangat menguntungkan karena sebagian besar mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon bekerja secara optimal pada pH netral.

4.2.2.2. Suhu

Peningkatan suhu pada seluruh perlakuan dengan penambahan biostimulan menunjukkan adanya aktivitas metabolisme mikroorganisme yang intensif selama proses pengomposan. Perlakuan P3 menunjukkan peningkatan suhu tertinggi (35°C pada hari ke-7), diikuti oleh P2 (34°C), P1 (31°C), dan kontrol (28°C).

Peningkatan suhu terjadi akibat proses dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme yang menghasilkan panas sebagai produk samping metabolisme. Suhu yang tercapai pada perlakuan P2 dan P3 berada dalam rentang optimum untuk proses bioremediasi hidrokarbon, yaitu $30-40^\circ\text{C}$.

Pola peningkatan suhu yang mencapai puncak pada hari ke-7 kemudian menurun pada hari ke-10 menunjukkan bahwa aktivitas mikroorganisme mencapai puncaknya pada fase mesofilik hingga termofilik awal, kemudian menurun seiring dengan berkurangnya ketersediaan substrat yang mudah terdegradasi. Pola ini merupakan karakteristik umum dari proses pengomposan bahan organik.

4.2.3. Keunggulan Kotoran Ayam Kampung dibandingkan Ayam Potong

Pemilihan kotoran ayam kampung sebagai biostimulan dalam penelitian ini didasarkan pada beberapa pertimbangan ilmiah dan praktis. Kotoran ayam kampung memiliki karakteristik yang berbeda dengan kotoran ayam potong (broiler) maupun ayam petelur (layer) dalam hal komposisi nutrisi dan populasi mikroorganisme.

Pertama, ayam kampung umumnya dipelihara secara tradisional dengan pakan alami yang lebih beragam, seperti sisa-sisa makanan, biji-bijian, dedaunan, dan serangga. Variasi pakan ini menghasilkan kotoran dengan komposisi nutrisi yang lebih beragam dan kaya akan mikroorganisme alami dibandingkan ayam potong yang diberi pakan pabrik dengan komposisi yang relatif seragam. Keberagaman mikroorganisme dalam kotoran ayam kampung memberikan keuntungan dalam proses bioremediasi karena memungkinkan adanya berbagai jenis mikroba yang mampu mendegradasi berbagai fraksi hidrokarbon.

Kedua, kotoran ayam kampung memiliki kandungan nitrogen yang tinggi namun dengan kadar air yang lebih rendah dibandingkan kotoran ayam potong yang berasal dari peternakan intensif. Kandungan nitrogen yang tinggi sangat dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk sintesis protein dan pembentukan sel baru selama proses biodegradasi hidrokarbon. Kadar air yang lebih rendah pada kotoran ayam kampung juga memudahkan proses pengeringan dan pencampuran dengan media tanah.

Ketiga, penelitian oleh (Baskara, 2021) menunjukkan bahwa kotoran ayam petelur memiliki variasi nilai pH antara 7,0 hingga 7,9 dengan populasi bakteri yang bervariasi tergantung pada periode pemeliharaan. Kotoran ayam kampung yang dipelihara secara tradisional cenderung memiliki populasi mikroorganisme yang lebih stabil dan beragam dibandingkan ayam potong yang sering diberikan antibiotik dan pakan buatan yang dapat mempengaruhi populasi mikroba dalam kotorannya.

Keempat, dari aspek ketersediaan dan keberlanjutan, kotoran ayam kampung lebih mudah diperoleh di masyarakat, terutama di wilayah Aceh yang memiliki tradisi pemeliharaan ayam kampung secara turun-temurun. Pemanfaatan limbah peternakan lokal ini mendukung prinsip ekonomi sirkular dan ramah

lingkungan karena mengurangi ketergantungan pada bahan tambahan sintetis serta mengurangi akumulasi limbah organik.

4.2.4. Keterbatasan Penelitian dan Implikasi

Meskipun penelitian ini menunjukkan hasil yang positif, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Durasi pengomposan selama 10 hari relatif singkat dibandingkan penelitian sebelumnya yang umumnya berlangsung 21-60 hari. Penurunan TPH sebesar 55,16% pada perlakuan P3 dalam 10 hari menunjukkan bahwa proses biodegradasi masih berlangsung dan berpotensi menghasilkan penurunan yang lebih tinggi jika durasi pengomposan diperpanjang. Penelitian oleh (Sutthicharoen dkk, 2023) melaporkan penurunan TPH sebesar 72,5% dalam waktu 28 hari menggunakan kotoran sapi, sedangkan penelitian oleh (Osadebe dan Nkoro, 2024) melaporkan penurunan TPH sebesar 96,83% dalam waktu 60 hari menggunakan kotoran ayam.

Keterbatasan lainnya adalah kadar TPH akhir pada seluruh perlakuan masih berada di atas baku mutu yang ditetapkan (1%). Perlakuan P3 menghasilkan kadar TPH akhir sebesar 2,78%, yang masih belum memenuhi standar Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan masih diperlukan untuk mengoptimalkan efektivitas pengolahan, seperti memperpanjang durasi pengomposan, meningkatkan rasio biostimulan terhadap tanah, mengombinasikan dengan sumber nutrisi lain, atau menggunakan pendekatan bioaugmentasi dengan penambahan mikroorganisme spesifik yang mampu mendegradasi hidrokarbon secara lebih efektif.

Meskipun demikian, hasil penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah yang penting dalam pengembangan teknologi bioremediasi berbasis bahan organik lokal. Efektivitas penurunan TPH sebesar 55,16% dalam waktu 10 hari dengan menggunakan kombinasi ampas kopi dan kotoran ayam kampung menunjukkan bahwa pendekatan ini layak dikembangkan lebih lanjut sebagai alternatif teknologi remediasi yang ekonomis dan ramah lingkungan

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Efektivitas penurunan kadar Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) pada tanah tercemar oli bekas melalui metode bioremediasi *composting* dengan variasi perlakuan ampas kopi, kotoran ayam kampung, dan kombinasi keduanya selama 10 hari menunjukkan hasil yang bervariasi. Perlakuan kontrol tanpa penambahan biostimulan hanya mampu menurunkan kadar TPH dari 6,20% menjadi 5,48% dengan efektivitas penurunan sebesar 11,61%. Perlakuan dengan penambahan ampas kopi (P1) menurunkan kadar TPH dari 6,20% menjadi 4,02% dengan efektivitas 35,16%. Perlakuan dengan penambahan kotoran ayam kampung (P2) menurunkan kadar TPH dari 6,20% menjadi 3,35% dengan efektivitas 45,97%. Perlakuan kombinasi ampas kopi dan kotoran ayam kampung (P3) menunjukkan efektivitas penurunan TPH tertinggi, yaitu dari 6,20% menjadi 2,78% dengan efektivitas sebesar 55,16%. Dengan demikian, kombinasi ampas kopi dan kotoran ayam kampung terbukti paling efektif dalam menurunkan kadar TPH pada tanah tercemar oli bekas dibandingkan dengan perlakuan tunggal maupun kontrol.
2. Pengaruh masing-masing perlakuan terhadap perubahan nilai pH, suhu, dan kadar air selama proses bioremediasi *composting* menunjukkan pola yang berbeda pada setiap perlakuan. Pada parameter pH, perlakuan dengan penambahan ampas kopi (P1) menyebabkan penurunan pH dari 6,8 menjadi 6,0 karena sifat asam dari ampas kopi, sedangkan perlakuan dengan penambahan kotoran ayam kampung (P2) menyebabkan peningkatan pH dari 6,8 menjadi 7,4 akibat kandungan senyawa basa seperti amonia. Perlakuan kombinasi (P3) menghasilkan pH akhir sebesar 7,1 yang mendekati netral dan paling optimal bagi aktivitas mikroorganisme. Pada parameter suhu, seluruh perlakuan dengan penambahan biostimulan menunjukkan peningkatan suhu yang mengindikasikan aktivitas metabolisme mikroorganisme, dengan suhu tertinggi dicapai pada perlakuan P3 (35°C pada hari ke-7), diikuti P2 (34°C), P1 (31°C), dan kontrol (28°C). Pada parameter kadar air, perlakuan P3

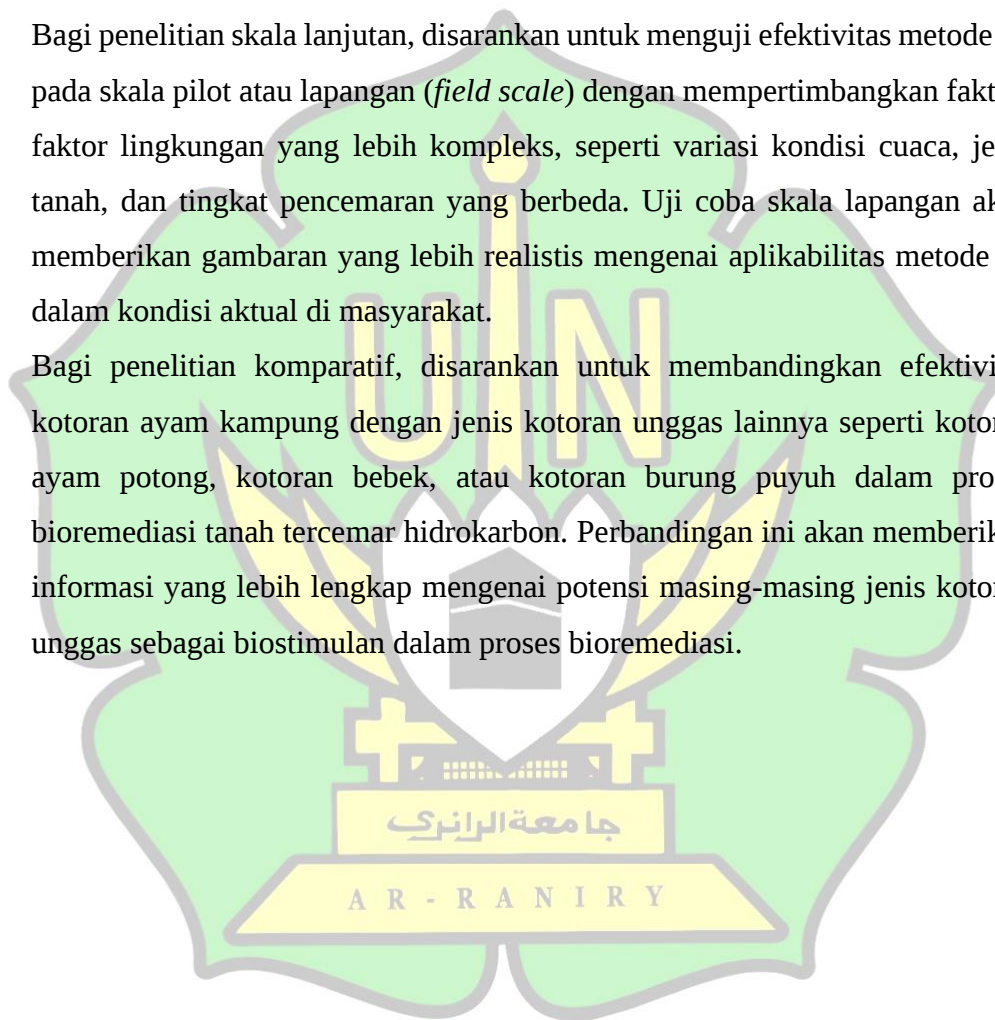
menunjukkan kadar air tertinggi (45% pada hari ke-7) yang berada dalam rentang optimum untuk proses bioremediasi (40-60%), diikuti P1 (42%), P2 (38%), dan kontrol (17-22%). Kondisi pH, suhu, dan kadar air yang paling mendukung bagi aktivitas mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon terdapat pada perlakuan kombinasi ampas kopi dan kotoran ayam kampung (P3), yang sejalan dengan efektivitas penurunan TPH tertinggi yang dicapai.

3. Data hasil pengamatan parameter pH, suhu, kadar air, hasil pengujian TPH, serta dokumentasi pelaksanaan penelitian secara lengkap disajikan pada bagian Lampiran.

5.2. Saran

1. Bagi penelitian lanjutan, disarankan untuk memperpanjang durasi pengomposan menjadi 21, 30, atau 60 hari guna mengetahui potensi penurunan TPH yang lebih maksimal, mengingat kadar TPH akhir pada seluruh perlakuan dalam penelitian ini masih berada di atas baku mutu yang ditetapkan (1%). Penelitian dengan durasi yang lebih panjang akan memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kinetika degradasi hidrokarbon selama proses *composting*.
2. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan variasi rasio penambahan ampas kopi dan kotoran ayam kampung terhadap tanah tercemar guna menemukan komposisi optimal yang menghasilkan efektivitas penurunan TPH tertinggi. Penelitian ini menggunakan rasio 1:1 untuk masing-masing bahan organik terhadap tanah (300 gram bahan organik untuk 300 gram tanah), sehingga perlu dikaji rasio-rasio lainnya seperti 1:2, 2:1, atau variasi kombinasi yang berbeda untuk mengetahui pengaruh komposisi terhadap efektivitas biodegradasi.
3. Bagi penelitian mendatang, disarankan untuk melakukan analisis mikrobiologis berupa *Total Plate Count* (TPC) atau identifikasi jenis mikroorganisme yang berperan dalam proses biodegradasi hidrokarbon pada setiap perlakuan. Analisis ini akan memberikan informasi yang lebih mendalam mengenai dinamika populasi mikroba dan mekanisme degradasi yang terjadi selama proses *composting*.

4. Bagi pemerintah dan pemangku kepentingan, disarankan untuk mendorong pemanfaatan limbah organik lokal seperti ampas kopi dan kotoran ayam kampung dalam program pengelolaan lingkungan, khususnya pada area-area yang tercemar limbah hidrokarbon. Pendekatan bioremediasi berbasis bahan organik lokal ini sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan karena memanfaatkan limbah sebagai sumber daya, mengurangi biaya pengolahan, dan ramah lingkungan.
5. Bagi penelitian skala lanjutan, disarankan untuk menguji efektivitas metode ini pada skala pilot atau lapangan (*field scale*) dengan mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan yang lebih kompleks, seperti variasi kondisi cuaca, jenis tanah, dan tingkat pencemaran yang berbeda. Uji coba skala lapangan akan memberikan gambaran yang lebih realistis mengenai aplikabilitas metode ini dalam kondisi aktual di masyarakat.
6. Bagi penelitian komparatif, disarankan untuk membandingkan efektivitas kotoran ayam kampung dengan jenis kotoran unggas lainnya seperti kotoran ayam potong, kotoran bebek, atau kotoran burung puyuh dalam proses bioremediasi tanah tercemar hidrokarbon. Perbandingan ini akan memberikan informasi yang lebih lengkap mengenai potensi masing-masing jenis kotoran unggas sebagai biostimulan dalam proses bioremediasi.



DAFTAR PUSTAKA

- Afriliana, A., Hidayat, E., Mitoma, Y., Masuda, T., & Harada, H. (2021). *Studies on Composting Spent Coffee Grounds by Aspergillus sp and Penicillium sp in Aerobic Static Batch Temperature Control*. 91–112. <https://doi.org/10.4236/jacen.2021.101007>
- Andika, M., Wardana, H., Hidayat, A., Putri, D. H., Rukmi, D. S., Studi, P., Lingkungan, I., & Mulawarman, U. (2025). *Perhitungan Dan Pengelolaan Limbah Oli Bengkel Motor Tidak Resmi Di Samarinda Utara Calculation and Management of Waste Oil from Unofficial Motorcycle Workshops in North Samarinda*. 7(2), 32–36.
- Anggieni, R., Lang, D. L., Sulastri, A., Prof, J., Nawawi, H., Kalimantan, P., Telepon, B., Lingkungan, J. T., Teknik, F., Indigneous, B., & Bakteri, K. (n.d.). *BIOKOMPOSTING menurun sehingga menyebabkan terjadinya degradasi tanah . Berdasarkan hal tersebut dilakukan tidak berpengaruh efektif terhadap bakteri peningkatan jumlah koloni bakteri pendegradasi hidrokarbon tetapi sebagai sumber nutrisi tambahan peningkatan jumlah koloni bakteri tidak hanya pada reaktor dengan penambahan kompos tetapi juga Perkembangan otomotif di Indonesia meningkat sangat pesat ditandai dengan banyaknya kendaraan bermotor . Peningkatan 10 % jumlah kendaraan dari tahun 2018 sampai 2019 di Kota Pontianak menjadi perhatian tersendiri karena meningkatkan jumlah penggunaan (Hasyim , 2016). Oli merupakan minyak pelumas pada kendaraan untuk mengurangi gesekan , degradasi tanah . Pemulihan lahan tercemar akibat limbah oli menggunakan metode dengan menggunakan mikroorganisme (Chanif et al menggunakan biokomposting , menganalisis pengaruh kompos terhadap penurunan kadar TPH , TPH pada tanah tercemar limbah oli , dan menentukan efektivitas mikroorganisme agensia Alat yang digunakan bioremediasi , m y los t s nn r to ont nu w t only ss nt l ook s r v y ol y tor r orm n s Pengambilan Sampel Limbah Oli Bekas Penelitian ini menggunakan sampel limbah oli yang diambil sebanyak 10 liter dengan Wahidin Kota Pontianak Kalimantan Barat . Waktu*

dan Lokasi Penelitian bekas dan tanah tercemar berasal dari Along Bengkel Jalan Dr Wahidin Kota Pontianak Kalimantan Barat . Lokasi analisis sampel untuk pH , suhu , kadar air , TPH (Total Petroleum Alat dan Bahan mikrobiologi . Proses bioremediasi dilakukan untuk mengetahui penurunan kadar TPH pada v r t s n menghitung jumlah populasi mikroorganisme pada sampel selama proses. 1, 1–10.

Anggreini, C. D. (2019). Bioremediasi Lingkungan Tercemar Klorpirifos. *Osif*, 1–5.

Badan Standardisasi Nasional. (2021). SNI 8995:2021 Metode Pengambilan Contoh Tanah untuk Analisis Lingkungan. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.

Dewi, S. R., Sulastri, A., Studi, P., Lingkungan, T., Tanjungpura, U., & Barat, K. (2023). *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 15(2), 149–154.

Handrianto, P. (2018). MIKROORGANISME PENDEGRADASI TPH (TOTAL PETROLEUM HYDROCARBON) SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI TANAH TERCEMAR MINYAK BUMI (Review Article). *Jurnal SainHealth*, 2(2), 35. <https://doi.org/10.51804/jsh.v2i2.287.35-42>

Ipal, D. A. N. L. (2017). *BIOREMEDIATION OF PETROLEUM HYDROCARBON IN CONTAMINATED SOILS : COMPARISON OF COMPOST AND WWTP SLUDGE RESIDUAL ADDITION HYDROCARBON : PERBANDINGAN PENAMBAHAN KOMPOS*. 40(1), 25–32.

Juliani, A., & Rahman, F. (2011). Bioremediasi Lumpur Minyak (Oil Sludge) dengan Penambahan Kompos sebagai Bulking Agent dan Sumber Nutrien Tambahan. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 3(1), 01–18. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol3.iss1.art1>

Lin, C., Cheruiyot, N. K., Bui, X., & Ngo, H. H. (2022). Composting and its application in bioremediation of organic contaminants. *Bioengineered*, 13(1), 1073–1089. <https://doi.org/10.1080/21655979.2021.2017624>

Liu, P. G., Chain, T., Whang, L., Kao, C., Pan, P., & Cheng, S. (2011). International Biodeterioration & Biodegradation Bioremediation of petroleum hydrocarbon contaminated soil : Effects of strategies and microbial community shift. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 65(8), 1119–1127.

<https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2011.09.002>

- Mandryk, M. I., Kaptselava, V. M., Tsiareshka, A. G., Lukyanchuk, Y. S., & Griбанова, E. A. (2025). *КУРИНЫЙ ПОМЕТ КАК СТИМУЛЯТОР БИОДЕГРАДАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТИ: ОБЗОР CHICKEN MANURE AS A STIMULANT OF THE OIL HYDROCARBONS BIODEGRADATION: REVIEW Введение Очистка загрязненных экосистем и обезвреживание производственных отходов , объемы которых.* 58–65.
- Maulida. (2022). *Pengaruh Komposting Untuk Penambahan Kotoran Domba Terhadap Penurunan Kadar Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) Tanah Top Soil yang Tercemar Limbah Oli.*
- Mizwar, A., & Trihadiningrum, Y. (2014). *Aromatic Hydrocarbons dari Batubara dengan Composting.* 2005, 1–14.
- Naowasarn, S., & Leungprasert, S. (2016). *Bioremediation of Oil-contaminated Soil Using Chicken Manure Bioremediation of Oil-contaminated Soil Using Chicken Manure.* 0383(July).
<https://doi.org/10.1080/15320383.2016.1213699>
- Prasidya, D. A., Novembrianto, R., Munawar, Jawwad, M. A. S., & Rhomadhoni, M. N. (2022). *Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan. Envirotek : Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan, 14(2), 169–175.*
- Prayitno, J. (n.d.). *Ujicoba Konsorsium Mikroba dalam Upaya Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak dengan Menggunakan Teknik Landfarming Skala Bangku The Effectiveness of Microbial Consortia for Bioremediation of Oil-Contaminated Soil Using Bench-Scale Landfarming Technology.* 208–215.
- Prayitno, J. (2017). *Ujicoba Konsorsium Mikroba dalam Upaya Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Dengan Menggunakan Teknik Landfarming Skala Bangku. Jurnal Teknologi Lingkungan, 18(2), 208.*
<https://doi.org/10.29122/jtl.v18i2.2050>
- Purnomo, D., Handoyo, G. C., Rahayu, M., & Fauziyah, A. S. (2023). *Pupuk Organik Cair Ampas Kopi terhadap Karakteristik Fisiologi dan Pertumbuhan Kangkung Darat Coffee Grounds Liquid Organic Fertilizer on the Physiological and Growth Characteristics of Land Water Spinach.* 7(2), 140–

145. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v7i2.83697>
- Putra, B. A., Bahri, S., Ridha, R., Program, M., Agroteknologi, S., Pertanian, F., Program, D., Agroteknologi, S., Pertanian, F., & Samudra, U. (2025). *PEMANFAATAN LIMBAH AMPAS KOPI (Coffea sp.) DAN PUPUK KANDANG SAPI TERHADAP K* 'AS KOMPOS 1. 12(1), 44–49.
- Rahman, A., Yahya, H., & Aceh, B. (n.d.). *CHICKEN MANURE AS BIOSTIMULANT FOR TOTAL PETROLEUM HIDROCARBON (TPH) REMOVAL IN OIL CONTAMINATED SOIL*. 6(1), 1–10. <https://doi.org/10.22373/ljee.v6i1.7985>
- Taylor, P. (2010). *Bioremediation of Soil Artificially Contaminated with Petroleum Hydrocarbon Oil Mixtures : Evaluation of the Use of Animal Manure and Chemical Fertilizer*. 929203754. <https://doi.org/10.1080/10889868.2010.514965>
- Tran, H., Lin, C., Bui, X., Ngo, H., Kiprotich, N., Hoang, H., & Vu, C. (2021). Science of the Total Environment Aerobic composting remediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soil . Current and future perspectives. *Science of the Total Environment*, 753, 142250. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142250>
- Tuhuloula, A., & Juliastuti, S. R. (2020). Pemanfaatan Bakteri Bacillus Cereus pada Proses Bioremediasi Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi dengan Metode Slurry Bioreactor. *Journal of Fundamentals and Applications of Chemical Engineering (JFACHE)*, 1(2), 39. <https://doi.org/10.12962/j2964710x.v1i2.12771>
- Vyatrawan, L. (Institut T. S. N. (2015). Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak dengan Metode Soil Washing dan Biostumulasi. *Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 50.
- Yulianto, A., Wulandari, D., & Rusli, A. H. (n.d.). *BIOREMEDIASI TANAH DENGAN TEKNIK COMPOSTING DI PT . X YOGYAKARTA* *Environmental Engineering Department , Faculty of Civil Engineering and Planning , Islamic*.

LAMPIRAN

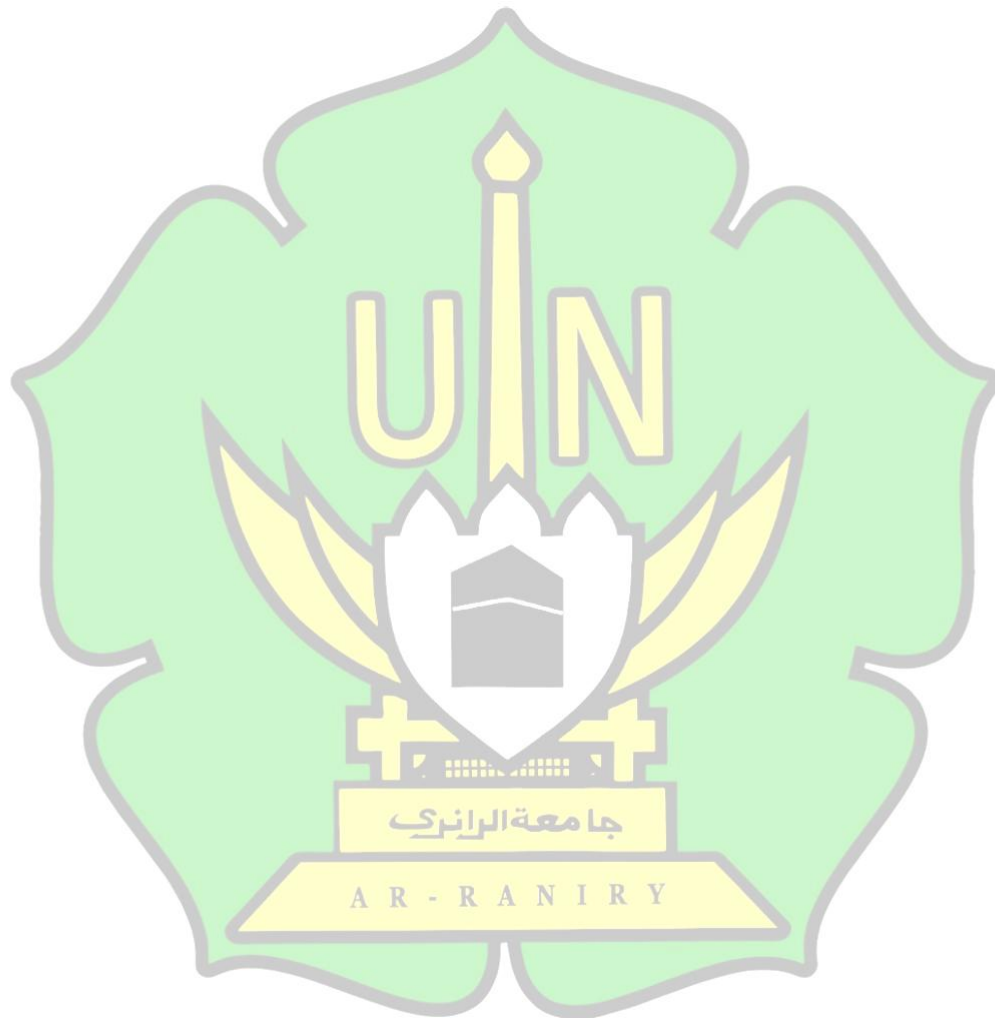
LAMPIRAN 1 DOKUMENTASI PENELITIAN

No	Gambar	Keterangan
1		Pengambilan sampel tanah tercemar oli bekas
2		Pengambilan kotoran hewan (Kotoran ayam kampung)
3		Pengambilan ampas kopi

4		Proses penimbangan sampel tanah, kohe dan ampas kopi
5		Proses pencampuran kotoran hewan dengan sampel tanah tercemar oli
6		Proses pencampuran Ampas kopi dengan sampel tanah tercemar oli
7		Proses Pengovenan baker glass kosong/ tanpa sampel
8		Proses pencampuran <i>n-hexana</i> dengan sampel tanah tercemar oli

9		Proses pengadukan <i>n</i>-hexana dengan sampel tanah tercemar oli menggunakan stirer
10		Proses penyaringan sampel
11		Proses pengovenan sampel yang sudah disaring
12		Proses pengukuran pH

13		Proses pengukuran suhu
----	---	------------------------



LAMPIRAN 2

PERHITUNGAN EFEKTIVITAS PENURUNAN TPH

1. Data Hasil Uji TPH Hari 0

Perlakuan	A (gram) Berat Vial Kosong	B (gram) Berat Vial + Residu	B – A (gram)	Sampel (gram)	TPH (%)
K (Kontrol)	15,4125	15,7225	0,3100	5	6,20
P1 (Ampas Kopi 300 g)	15,5637	15,8737	0,3100	5	6,20
P2 (Kotoran Ayam 300 g)	15,4816	15,7916	0,3100	5	6,20
P3 (Kombinasi 150 g+150 g)	15,4469	15,7569	0,3100	5	6,20

2. Data Hasil Uji TPH Hari ke-3

Perlakuan	A (gram) Berat Vial Kosong	B (gram) Berat Vial + Residu	B – A (gram)	Sampel (gram)	TPH (%)
K (Kontrol)	15,6382	15,9357	0,2975	5	5,95
P1 (Ampas Kopi 300 g)	15,2815	15,5615	0,2800	5	5,60
P2 (Kotoran Ayam 300 g)	15,4816	15,7466	0,2650	5	5,30
P3 (Kombinasi 150 g+150 g)	15,4469	15,6994	0,2525	5	5,05

3. Data Hasil Uji TPH Hari ke-7

Perlakuan	A (gram) Berat Vial Kosong	B (gram) Berat Vial + Residu	B – A (gram)	Sampel (gram)	TPH (%)
K (Kontrol)	15,5124	15,7974	0,2850	5	5,70
P1 (Ampas Kopi 300 g)	15,4372	15,7247	0,2875	5	5,75
P2 (Kotoran Ayam 300 g)	15,6928	15,9028	0,2100	5	4,20
P3 (Kombinasi 150 g+150 g)	15,3184	15,5009	0,1825	5	3,65

4. Data Hasil Uji Hari ke-10

Perlakuan	A (gram) Berat Vial Kosong	B (gram) Berat Vial + Residu	B – A (gram)	Sampel (gram)	TPH (%)
K (Kontrol)	15,3815	15,6555	0,2740	5	5,48
P1 (Ampas Kopi 300 g)	15,7924	15,9934	0,2010	5	4,02
P2 (Kotoran Ayam 300 g)	15,5581	15,7256	0,1675	5	3,35
P3 (Kombinasi 150 g+150 g)	15,4397	15,5787	0,1390	5	2,78

Keterangan :

A = Berat vial kosong setelah pengeringan oven 105°C dan pendinginan desikator 30 menit (gram)

B = Berat vial beserta residu minyak setelah penguapan *n-heksana* pada suhu 70°C (gram)

Berat sampel = 5,0000 gram; TPH (%) = $[(B-A)/5] \times 100$.

5. Perhitungan Efektivitas Penurunan TPH Per Ulangan

Perlakuan	TPH ₀ (%)	TPH ₁₀ (%)	Selisih (%)	Rumus Perhitungan	Efektivitas (%)
K (Kontrol)	6,20	5,48	0,72	$(6,20-5,48)/6,20 \times 100$	11,61
P1 (Ampas Kopi 300 g)	6,20	4,02	2,18	$(6,20-4,04)/6,20 \times 100$	35,16
P2 (Kotoran Ayam 300 g)	6,20	3,35	2,85	$(6,20-3,35)/6,20 \times 100$	45,97
P3 (Kombinasi 150 g+150 g)	6,20	2,78	3,42	$(6,20-2,78)/6,20 \times 100$	55,16

