



**ANALISIS PENAMBAHAN KOTORAN KAMBING DAN KUDA
PADA PROSES BIOREMEDIASI *OIL SLUDGED*
PERTAMBANGAN DESA WONOCOLO**

Skripsi
disusun sebagai
salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia

oleh :

Siti Holifah

4311413004



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

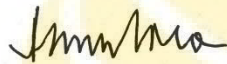
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2017

PERSETUJUAN PEMBIMBING

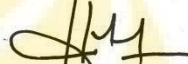
Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke Sidang Panitia Ujian Skripsi Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.

Pembimbing I,



Prof. Dr. Supartono, M.S
NIP. 195412281983031003

Semarang, 16 Oktober 2017
Pembimbing II,



Harjono S.Pd, M.Si
NIP. 196709131999032001



UNNES

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi ini bebas plagiat, dan apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

Semarang, 24 Oktober 2017



Siti Holifah
4311413004

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul

Analisis Penambahan Kotoran Kambing dan Kuda pada Proses
Bioremediasi *Oil Sludge* di Pertambangan Desa Wonocolo

disusun oleh

Siti Holifah
4311413004

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Proposal Skripsi FMIPA UNNES
pada tanggal 24 Oktober 2017.

Panitia:



Drs. Zaenuri S.E, M.Si, Akt
NIP. 196412231988031001

Ketua Penguji

Drs. Ersanghono Kusumo, MS
NIP. 195405101980121002

Anggota Penguji/
Pembimbing Utama

Prof. Dr. Supartono, MS
NIP. 195412281983031003

Sekretaris

Dr. Nanik W. Hayanti M.Si
NIP. 196910231996032002

Anggota Penguji/
Pembimbing Pendamping

Harjono, S.Pd, M.Si
NIP. 197711162005011001

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

IMPOSSIBLE IS NOTHING WITH ALLOH SWT

Kesabaran adalah nafas yang menentukan sebuah kebaikan bertahan, maka bersabarlah dalam kebaikan

Tiada hujan, maka tiada bunga yang berkembang. Tiada ujian, maka tiada hati yang pasrah berdoa karena jatuh dan tumbang

Orangtua memang tidak mengabdikan segala yang kita minta, namun mereka pasti akan mencurahkan segalanya yang mereka punya.

PERSEMBAHAN

1. Untuk Bapak dan Ummi tersayang, bapak Basuki dan Ibu Nurhayati
2. Untuk adik-adikku tercinta Rizki Prasetyo dan Gita Safitri
3. Untuk Ayah, Mama, dan mas Ilham
4. Tim PIMNAS GARUDA UNNES 2017
5. Untuk semua teman-teman Kimia 2013

PRAKATA

Assalamualaykum Wr.Wb.

Alhamdulillahirobbil'alamiin puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, hidayah, dan inayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang sekaligus menyelesaikan tugas akhir/skripsi ini dengan baik.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu selesainya skripsi ini. Ucapan terimakasih ini penulis sampaikan kepada yang terhormat:

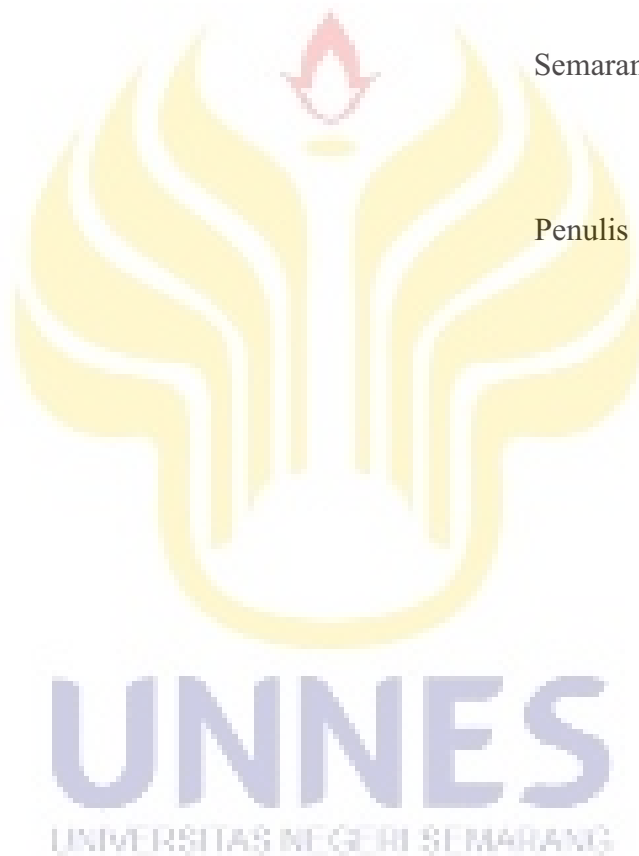
1. Prof. Dr. Fathur Rokhman, M.Hum, selaku Rektor Universitas Negeri Semarang.
2. Prof. Dr. Zaenuri, S.E, M.Si,Akt, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Nanik wijayati, M.Si, selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
4. Prof. Dr. Supartono, M.S dan Harjono S.Pd, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan pengalaman yang berharga.
5. Drs. Ersanghono Kusumo M.S selaku ketua penguji yang telah memberikan banyak masukan dan arahan yang sangat berharga.
6. Seluruh dosen dan tenaga pendidik yang senantiasa memberikan ilmu serta pengalaman berharga kepada penulis.
7. Seluruh teman-teman kimia angkatan 2013 yang berjuang bersama-sama untuk mencapai kesuksesan yang dicitakan bersama.
8. Semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik berupa materil maupun moril.

Semoga Allah SWT, melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa didunia ini tidak ada yang sempurna. Begitu juga dalam penulisan skripsi ini, yang tidak luput dari kekurangan dan kesalahan, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Wassalamualaykum Wr.Wb.

Semarang, 25 Oktober 2017

Penulis



ABSTRAK

Holifah, Siti. 2017. Analisis Penambahan Kotoran Kambing dan Kuda pada Proses Bioremediasi *Oil Sludge* di Pertambangan Desa Wonocolo. Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Utama Prof. Dr. Supartono, M.S. dan Pembimbing Pendamping Harjono S.Pd, M.Si.

Kata kunci: *Limbah minyak bumi, Bioremediasi, Mikroba indigen.*

Bojonegoro merupakan salah satu Kabupaten di Jawa Timur, yang memiliki kekayaan di bidang minyak dan gas bumi (migas) tepatnya di desa Wonocolo. Dalam proses penambangan minyak bumi akan terdapat limbah yang di hasilkan. Limbah tersebut dapat menimbulkan masalah dan apabila dibiarkan akan mengganggu dan merusak ekosistem lingkungan. Bioremediasi merupakan suatu proses rehabilitasi lingkungan yang tercemar dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan pencemar tersebut menjadi bentuk yang lebih sederhana, tidak berbahaya, dan memberikan nilai tambah bagi lingkungan. Kotoran hewan merupakan bahan organik yang mengandung banyak mikroba, kotoran hewan dengan kandungan nutrisi terbaik adalah kotoran kambing dan kuda. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan konsorsium bakteri indigen lumpur minyak bumi dengan bakteri dari kotoran kambing dan kuda dalam mendegradasi limbah minyak bumi. Penelitian bioremediasi ini dilakukan secara bertahap yaitu isolasi, aplikasi, analisis parameter pH, TPH, TPC dan kadar air, serta analisis komponen hidrokarbon dengan *Gas Chromatography* (GC). Sampel berupa *oil sludge* yang diambil dari pertambangan minyak desa Wonocolo, dan kotoran kambing dan kuda diambil dari rumah penduduk di sekitar lokasi pertambangan. Hasil penelitian ini diperoleh bahwa penggunaan kotoran kambing dan kuda pada bioremediasi limbah minyak bumi (*oil sludge*) mampu menjadi agen bioremediasi yang baik, dengan presentase penurunan kadar TPH tertinggi dengan proporsi limbah dalam reaktor 4:1:0 dengan presentase penurunan 68,83%. Pada waktu 5 minggu penelitian, TPH *oil sludge* terus mengalami penurunan Waktu remediasi yang dibutuhkan untuk menurunkan 100% kadar TPH pada limbah *oil sludge* dengan kotoran hewan kambing dan kuda adalah lebih dari 5 minggu, karena pada batas penelitian selama 5 minggu kadar penurunan TPH adalah sebesar 68,83%.

ABSTRACT

Holifah, Siti. 2017. Analysis of Added Goat and Horse Dung on Bioremediation Process of Oil Sludge in Mining Wonocolo Village. Skripsi, Chemistry Department Faculty of Mathematics and Natural Sciences State University of Semarang. Main Mentor Prof. Dr. Supartono, M.S. and Counselor Mentor. Harjono S.Pd, M.Si.

Keywords: *Petroleum wastes, Bioremediation, Indigenous microbes.*

Bojonegoro is one of the districts in East Java, which has a wealth of oil and gas (oil and gas) precisely in Wonocolo village. In the process of petroleum mining there will be waste generated. The waste can cause problems and if left unchecked will disrupt and damage the ecosystem of the environment. Bioremediation is a contaminated environmental rehabilitation process by utilizing the activity of microorganisms to decompose these pollutants into simpler, less harmful, and add value to the environment. Animal waste is an organic material that contains many microbes, animal waste with the best nutrition content is goat and horse dung. This study aims to analyze the ability of the consortium of indigenous bacteria of oil sludge with bacteria from goat and horse manure in degrading waste petroleum. Bioremediation research is done in stages, namely isolation, application, parameter analysis are pH, TPH, TPC and water content, and analysis of hydrocarbon components with Gas Chromatography (GC). Samples of oil sludge extracted from the oil mines of Wonocolo village, and goat and horse manure were taken from residents' houses around the mine site. The results of this study found that the use of goat and horse manure on oil sludge bioremediation can be a good bioremediation agent, with the highest percentage of TPH decrease with the proportion of waste in reactor 4: 1: 0 with a percentage decrease of 68.83%. Within 5 weeks of research, TPH oil sludge continues to decrease Remediation time required to decrease 100% TPH levels in oil sludge waste with goat and horse dung is more than 5 weeks, because at the 5-week study limit the level of TPH decrease is 68.83%.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PERNYATAAN.....	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
MOTTO.....	v
PERSEMBAHAN	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	5
1.3. Tujuan.....	5
2.1. Manfaat.....	6
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA	7

2.1.	Minyak Bumi.....	7
2.1.1.	Komponen Hidrokarbon.....	8
2.1.2.	Karakteristik Minyak Bumi	9
2.2.	Limbah Minyak Bumi	10
2.3.	Bioremediasi.....	11
2.4.	Biodegradasi Lumpur Minyak Bumi.....	14
2.5.	Mikroorganisme Pendegradasi Hidrokarbon.....	16
2.6.	Kotoran Hewan.....	19
2.7.	Kromatografi Gas	21
2.8.	Penelitian Terkait	22
BAB III		24
METODE PENELITIAN.....		24
3.1.	Populasi dan Sampel	24
3.1.1.	Populasi.....	24
3.1.2.	Sampel.....	24
3.2.	Variabel Penelitian	24
3.2.1.	Variabel bebas.....	24
3.2.2.	Variabel terikat.....	25
3.2.3.	Variabel terkontrol.....	25
3.3.	Alat dan Bahan	25
3.3.1.	Alat.....	25
3.3.2.	Bahan.....	25
3.4.	Prosedur Penelitian.....	26
3.4.1.	Pengambilan Sampel.....	26
3.4.2.	Isolasi Bakteri Dari Lumpur Minyak	26

3.4.3.	Penyiapan Reaktor Tanah	27
3.4.4.	Pengukuran pH.....	28
3.4.5.	Pengukuran TPH (<i>Total petroleum hydrocarbon</i>).....	28
3.4.6.	Perhitungan Jumlah Sel Bakteri (<i>Total Plate Count</i>).....	29
3.4.7.	Pengukuran Kadar Air.....	29
3.4.8.	Analisis Kandungan Hidrokarbon.....	29
3.5.	Rancangan Penelitian	30
BAB IV	.....	31
PEMBAHASAN	.....	31
4.1.	Isolasi dan Pembenihan Mikroba	31
4.2.	Analisis Uji Parameter pH.....	32
4.3.	Hasil Analisis Parameter TPH (<i>Total Petroleum Hidrokarbon</i>).....	34
4.4.	Hasil Analisis Parameter Uji TPC.....	38
4.5.	Analisis Uji Parameter Kadar Air.....	40
4.6.	Hasil Analisis <i>Gas Chromatografi</i>	42
PENUTUP	.....	44
5.1.	Kesimpulan.....	44
5.2.	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	.....	46
LAMPIRAN	.....	49

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Distribusi produk turunan minyak bumi berdasarkan jumlah atom karbon penyusunnya dan titik didihnya (°C).....	9
Tabel 2.2 Jenis dan kandungan zat hara pada beberapa kotoran ternak padat dan cair.....	20
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian.....	29
Tabel 4.1 Hasil pembacaan absorbansi spektrofotometer.....	31
Tabel 4.2 Hasil pengukuran pH reaktor.....	33
Tabel 4.3 Hasil pengujian TPH sampel.....	35
Tabel 4.4 Pengaruh penambahan kotoran hewan kambing dan kuda terhadap penurunan TPH.....	39
Tabel 4.5 Hasil Uji TPC.....	40
Tabel 4.6 Hasil uji kadar air.....	42

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur benzena.....	8
Gambar 2.2 Struktur naftalena	9
Gambar 2.3 Lumpur minyak bumi.....	11
Gambar 2.4 Reaksi degradasi hidrokarbon alifatik.....	18
Gambar 2.5 Reaksi degradasi hidrokarbon aromatik	19
Gambar 2.6 Kotoran kambing dan kotoran kuda	20
Gambar 4.1 Kurva pembenihan	32
Gambar 4.2 Diagram pengukuran pH	33
Gambar 4.3 Reaksi Degradasi Hidrokarbon Alkane Melalui Jalur Subterminal..	34
Gambar 4.4 Diagram penurunan TPH	35
Gambar 4.5 Diagram penurunan TPH selama 5 minggu pengamatan.....	39
Gambar 4.6 Jumlah mikroba selama proses bioremediasi	40
Gambar 4.7 Grafik perubahan kadar air.....	43
Gambar 4.8 Chromatogram GC minggu ke- 0.....	45
Gambar 4.9 Chromatogram GC minggu ke- 5.....	45

DAFTAR LAMPIRAN

1. Kadar Air Lumpur Minyak	52
2. Isolasi Han Pembenuhan Bakteri Indigenous	53
3. Penyiapan Reaktor Tanah	54
4. Pengukuran pH.....	55
5. Pengukuran TPH (<i>Total Petroleum Hydrocarbon</i>)	56
6. Pengukuran TPC (<i>Total Plate Count</i>).....	57
7. Kadar Air.....	58
8. Komposisi Media Bioremediasi.....	59
9. Hasil Absorbansi Kurva Pertumbuhan Bakteri Indigenous	60
10. Hasil Uji TPH Pada Bioremediasi Oil Sludge dengan Penambahan Kotoran Kambing dan Kuda	75
11. Hasil Uji TPC pada Bioremediasi Oil Sludge dengan Penambahan Kotoran Kambing dan Kuda	78
12. Hasil Uji pH	80
13. Hasil Uji Kadar Air	82
14. Hasil GC Minggu Ke- 0	84
15. Hasil GC Minggu Ke- 5	86
16. Dokumentasi	88

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Minyak bumi merupakan sumber energi utama untuk memenuhi kebutuhan masyarakat pada saat ini maupun pada masa yang akan datang. Permintaan terhadap minyak bumi kian besar sejalan dengan kebutuhan manusia yang semakin meningkat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka akan meningkatkan eksplorasi, eksploitasi, pengolahan, pengangkutan serta penyimpanan minyak bumi.

Negara-negara produsen minyak bumi terbesar bila dikombinasikan hampir memenuhi 45% dari total produksi minyak mentah dunia adalah Amerika Serikat (AS), Arab Saudi, Russia, Kanada, dan China. Indonesia berada pada peringkat ke-24 sebagai produsen minyak bumi dunia dengan produksi minyak bumi 824.000 barrel per hari. (BP Statistical Review of World Energy, 2016).

Bojonegoro merupakan salah satu Kabupaten di Jawa Timur, yang memiliki kekayaan di bidang minyak dan gas bumi (migas). Sumur tua di Desa Wonorejo Kecamatan Kedewan, merupakan salah satu kawasan penambangan migas yang sempat dieksploitasi oleh Belanda pada masa penjajahan. Berkurangnya produksi migas dan turunnya harga minyak dunia tidak menyurutkan niat masyarakat untuk mengais rezeki dari sumur tua Wonocolo.

Penambangan minyak Wonocolo yang memiliki sekitar 700 sumur, mulai ditambang oleh warga pada tahun 2008, yang sebelumnya dikelola oleh Kepala Desa setempat setelah ditinggalkan oleh Belanda. Karena telah lama dieksploitasi

oleh Belanda dan oknum aparat desa, sumur minyak itu sekarang mengalami penurunan produksi hasil tambang yang biasa disebut “Emas Hitam”.

Dalam proses penambangan minyak bumi tentunya akan ada limbah-limbah yang di hasilkan. Limbah lumpur minyak bumi merupakan produk yang tidak mungkin dihindari oleh setiap perusahaan pertambangan minyak bumi dan menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan (Sumastri, 2002). Sebab lumpur limbah minyak bumi mempunyai komponen hidrokarbon atau *total petroleum hydrocarbon* (TPH) yaitu senyawa organik yang terdiri atas hidrogen dan karbon contohnya benzena, toluena, ethylbenzena dan isomer xylene. *Total petroleum hydrocarbon* (TPH) merupakan pengukuran konsentrasi pencemar hidrokarbon minyak bumi dalam tanah atau serta seluruh pencemar hidrokarbon minyak dalam suatu sampel tanah yang sering dinyatakan dalam satuan mg hidrokarbon/kg tanah (Nugroho, 2006).

Lumpur minyak bumi termasuk limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), jika mengacu pada PP no. 85 tahun 1999 tentang limbah B3. Dalam peraturan tersebut ditegaskan bahwa setiap produsen yang menghasilkan limbah B3 hanya diizinkan menyimpan limbah tersebut paling lama 90 hari sebelum diolah dan perlu pengolahan secara baik sehingga tidak mencemari lingkungan di sekitarnya. Menurut UU No. 23 tahun 2009 tentang pengelolaan limbah B3 adalah dapat dilakukan dengan pengurangan, penyimpanan, pengumpulan, pengangkutan, pemanfaatan, pengolahan, dan/atau penimbunan .

Limbah harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang jika mengandung bahan pencemar yang mengakibatkan rusaknya lingkungan, atau paling tidak

berpotensi menciptakan pencemaran. Dalam suatu proses pengolahan limbah, harus dibuat perkiraan terlebih dahulu dengan mengidentifikasi sumber pencemaran, fungsi dan jenis bahan, sistem pengolahan kualitas dan jenis buangan, serta fungsi B3. Dengan mengacu pada prakiraan tersebut, maka dibuat program pengendalian dan penanggulangan pencemaran mengingat limbah, baik dalam jumlah besar maupun kecil, dalam jangka panjang ataupun pendek akan mengakibatkan terjadinya perubahan pada lingkungan (Kristanto, 2002).

Upaya-upaya penanggulangan limbah minyak bumi secara konvensional yang berdasarkan kepada proses mekanik, fisik, dan kimia, selama ini kurang memuaskan dan kurang memadai (Udiharto, 1992). Penanggulangan limbah minyak bumi secara fisika, biasanya digunakan pada awal penanganan. Pada penanganan ini limbah minyak bumi diisolasi secara cepat sebelum minyak bumi menyebar kemana-mana. Minyak bumi yang berkumpul di permukaan dapat diambil kembali misalnya dengan *oil skimmer*, sedangkan yang mengendap sulit diambil secara fisika. Pengambilan minyak dipermukaan tidak dapat dilakukan secara tuntas. Apabila minyak sudah menyebar kemana-mana cara ini akan sulit dilakukan (Prince *et al.*, 2003). Sedangkan penanganan secara kimia dilakukan dengan mencari bahan kimia yang mempunyai kemampuan mendispersi minyak. Tetapi pemakaian senyawa kimia hanya bersifat memindahkan masalah, di sisi lain perlakuan ini telah dilaporkan bersifat sangat toksik pada biota laut (Fahrudin, 2004).

Penanganan limbah minyak bumi secara fisika dan kimia tidaktuntas karena masih banyak meninggalkan residu. Untuk itu salah satu alternatif yang

dikembangkan saat ini adalah proses bioremediasi yang merupakan teknologi ramah lingkungan, cukup efektif dan efisien serta ekonomis. Bioremediasi relatif memiliki biaya penanganan yang lebih murah dibandingkan dengan teknologi alternatif lainnya serta sangat aman dan tidak merusak lingkungan (Morgan & Watkinson, 1994).

Kemampuan mikroba dalam mendegradasi hidrokarbon telah dieksploitasi sejak tahun 70-an dan 80-an pada lahan pertanian tempat pembuangan minyak. Mikroba yang digunakan dapat berupa kultur tunggal maupun kultur campuran yang mampu mendegradasi minyak bumi. Mikroba yang digunakan dalam mendegradasi limbah minyak biasanya memiliki kemampuan degradasi yang lebih tinggi jika digunakan sebagai kultur konsorsium atau kultur campuran. Mangkoedihardjo (2005) mikroba pengurai minyak tidak bekerja secara individu/spesies tetapi berupa konsorsium yang terdiri dari berbagai spesies.

Kotoran hewan merupakan bahan aktif yang banyak mengandung mikroba selain itu kotoran hewan juga memiliki kandungan nutrisi yang baik untuk pertumbuhan mikroba. Menurut Charlena (2010) komposisi kotoran kambing dan kuda mengandung unsur hara yang lebih besar dibandingkan dengan kotoran hewan lainnya.

Potensi kemampuan bakteri hidrokarbonoklastik (pendegradasi hidrokarbon) yang diisolasi dari konsorsium bakteri yang berasal dari limbah minyak berat dan kotoran hewan perlu dipelajari melalui penelitian sehingga dapat digunakan sebagai agen bioremediasi untuk mengatasi pencemaran limbah minyak berat pada lingkungan tercemar limbah minyak berat.

1.2. Rumusan Masalah

Dari uraian diatas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimanakah pengaruh penambahan kotoran hewan kambing dan kuda terhadap nilai *Total petroleum hydrocarbon*(TPH) pada proses bioremediasi?
2. Bagaimanakah pengaruh waktu terhadap penurunan nilai *Total petroleum hydrocarbon*(TPH) pada proses bioremediasi dengan penambahan kotoran hewan kambing dan kuda?

1.3. Tujuan

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

1. Analisis penambahan kotoran hewan kambing dan kuda terhadap nilai *Total petroleum hydrocarbon* (TPH) pada proses bioremediasi *oil sludge* pertambangan desa Wonocolo.
2. Analisis waktu terhadap penurunan nilai *Total petroleum hydrocarbon*(TPH) pada proses bioremediasi *oil sludge* pertambangan desa Wonocolo dengan penambahan kotoran hewan kambing dan kuda.

2.1. Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat memberikan alternatif pemecahan pengolahan tanah tercemar limbah minyak bumi khususnya pada tanah tercemar limbah minyak bumi secara umum.
2. Memberikan manfaat praktis di bidang pengelolaan lingkungan dengan metode bioremediasi tanah tercemar limbah minyak bumi.
3. Memperkaya khazanah ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang bioremediasi tanah tercemar limbah minyak bumi.
4. Memperkaya khazanah ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang mikrobiologi lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Minyak Bumi

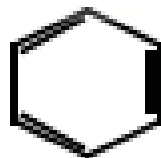
Minyak bumi adalah campuran yang sangat kompleks yang terutama terdiri dari senyawa-senyawa hidrokarbon, yaitu senyawa-senyawa organik di mana setiap molekulnya hanya mempunyai unsur karbon dan hidrogen saja. Disamping terdapatnya unsur karbon dan hidrogen dalam minyak bumi biasanya juga terdapat unsur lain seperti belerang, nitrogen, oksigen, dan logam-logam khususnya vanadium, nikel, besi, dan tembaga yang terdapat dalam jumlah yang relatif sedikit yang terikat sebagai senyawa-senyawa organik. Air dan garam hampir selalu ada dalam minyak bumi dalam keadaan bebas terdispersi (Hardjono, 2000).

Minyak bumi terbentuk sebagai hasil akhir daripenguraian bahan-bahan organik (sel-sel dan jaringan hewan atau tumbuhan laut) yang tertimbun selama berjuta tahun didalam tanah, baik di daerah daratan ataupun didaerah lepas pantai. Minyak bumi sebagian besar terdiri atas komponen hidrokarbon. Komposisi pada minyak bumi tidak sama, bergantung pada sumber penghasil minyak bumi tersebut. Misalnya,minyak bumi Amerika komponen utamanya adalah hidrokarbon jenuh, yang digali di Rusia banyak mengandung senyawa hidrokarbon siklik, sedangkan yang terdapat di Indonesia banyak mengandung senyawa aromatik dan kadar belerangnya sangat rendah (Hadi, 2003).

2.1.1. Komponen Hidrokarbon

Minyak bumi sebagian besar terdiri dari senyawa hidrokarbon. Secara garis besar, senyawa hidrokarbon minyak bumi yang didegradasi oleh mikroorganisme dapat digolongkan atas tiga kelompok yaitu hidrokarbon parafin (jenuh), naftalena, aromatik (Hadi, 2003).

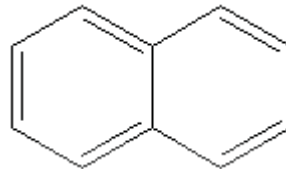
1. Senyawa parafin atau alkana merupakan senyawa hidrokarbon jenuh terdiri dari normal parafin berupa rantai karbon panjang dan lurus, serta isoparafin berupa rantai karbon bercabang. Isoparafin banyak didominasi oleh yang bercabang satu sedangkan normal parafin banyak terdapat dalam fraksi ringan. Alkana mempunyai rumus C_nH_{2n+2} dan tidak memiliki ikatan rangkap antar karbon penyusunnya. Senyawa ini merupakan fraksi terbesar dalam minyak bumi dan senyawa parafin juga merupakan penyusun utama minyak bumi yang kandungannya mencapai 30-60 %.
2. Aromatik merupakan suatu senyawa dengan struktur siklis, datar, terdapat ikatan phi terkonjugasi dan juga mengikuti aturan *huckel*. Benzena adalah senyawa aromatik yang paling sederhana dan pada umumnya senyawa aromatik terbentuk dari benzena.



Gambar 2.1 Struktur benzena

3. Naftalena dicirikan oleh adanya struktur dua cincin aromatik, dengan rumus $C_{10}H_8$ dan mempunyai ikatan rangkap terkonjugasi antar atom karbon.

Senyawa ini tidak larut dalam air dan merupakan fraksi kedua terbesar dalam minyak bumi.



Gambar 2.2 Struktur naftalena

2.1.2. Karakteristik Minyak Bumi

Minyak bumi terdiri dari fase padat, cair, dan gas. Fase-fase tersebut berubah dari satu fase ke fase lainnya akibat perubahan suhu dan tekanan. Beberapa jenis minyak bumi yang berwujud padat pada keadaan suhu tertentu dapat berubah menjadi cair akibat sedikit perubahan suhu. Pemanasan lebih lanjut hingga titik didih dan menjadi uap dan gas. Distribusi bertahap produk turunan minyak bumi berdasarkan jumlah atom karbon (C) penyusun dan titik didih produknya ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Distribusi produk turunan minyak bumi berdasarkan jumlah atom karbon penyusunnya dan titik didihnya (°C)

Jenis fraksi	Jumlah atom C	Titik didih
Gas hidrokarbon	C1 – C4	s.d. 38
Bensin	C5 – C10	38 – 177
Kerosin	C11 – C13	177 – 232
Solar	C14 – C17	232 – 304
Pelumas ringan	C18 – C25	304 – 399
Pelumas berat	C26 – C35	>510
Residu	C36 – C60	

Sumber : (Spleight, 1980)

2.2. Limbah Minyak Bumi

Limbah minyak bumi dapat berasal dari tumpahan, ceceran ataupun buangan dari minyak bumi maupun produk-produk yang dihasilkan, minyak bekas pakai, dan minyak yang terkandung dalam limbah dari suatu kegiatan industri. Limbah tersebut akan menimbulkan masalah apabila memiliki kandungan TPH lebih besar dari 1% dan total PAH lebih besar dari 10 ppm bila dibiarkan akan mengganggu dan merusak ekosistem lingkungan, bila dibakar akan menimbulkan pencemaran udara dan bila didaur ulang memerlukan teknologi dan biaya yang tinggi. Oleh karena itu limbah minyak bumi bila terbuang ke lingkungan perlu ditanggulangi semaksimal mungkin (Kementrian Lingkungan Hidup, 2003).

Limbah minyak bumi yang mengandung hidrokarbon dan beberapa unsur lain seperti sulfur, nitrogen, oksigen, dan logam-logam termasuk logam berat mengandung komponen-komponen hidrokarbon aromatik seperti benzena, toluena, xylene, naftalena, fenantrena, dibenzotiofena, fluorena, dan sebagainya dapat menimbulkan permasalahan terhadap makhluk hidup, bila minyak bumi fraksi berat ini tumpah akibat aktivitas industri petroleum (Charlena, 2010).

Lumpur minyak bumi merupakan sisa produksi yang ditampung di penampungan akhir. Lumpur minyak bumi yang dipakai untuk sampel penelitian ini berasal dari pertambangan tradisional di Wonocolo.



Gambar 2.3 Lumpur minyak bumi

Industri minyak mempunyai nilai strategis dan merupakan tulang punggung pembangunan sehingga industri minyak perlu dikelola secara baik dan efisien sehingga diperoleh manfaat semaksimal mungkin namun demikian di samping manfaat positif tersebut ada dampak negatifnya karena limbah limbah yang dihasilkan dari pertambangan tradisional Wonocolo merupakan B3 (bahan beracun berbahaya) sisa suatu usaha atau kegiatan sebagai hasil pencampuran bahan kimia pada saat pengelolaan tetapi sifatnya beracun, mudah terbakar, reaktif dan korotif serta konsentrasinya dapat mencemarkan lingkungan hidup yang mengakibatkan membahayakan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya baik secara langsung maupun tidak langsung.

2.3. Bioremediasi

Bioremediasi merupakan suatu proses yang penting bagi rehabilitasi lingkungan yang tercemar minyak bumi ataupun produk-produknya, dengan memanfaatkan aktivitas mikroorganisme untuk menguraikan pencemar tersebut menjadi bentuk yang lebih sederhana, tidak berbahaya dan memberikan nilai tambah bagi lingkungan (Leahy & Rita, 1990).

Bioremediasi adalah pemanfaatan organisme untuk mendegradasi senyawa pencemar dari lingkungan. Pada proses ini terjadi biotransformasi atau biodegradasi senyawa toksik menjadi senyawa yang kurang toksik atau tidak toksik. Proses utama pada bioremediasi adalah biodegradasi, biotransformasi dan biokatalis. Didefinisikan sebagai proses penggunaan organisme hidup, terutama mikroorganisme, untuk mendegradasi bahan pencemar pada lingkungan yang merugikan ketinggian atau bentuk yang lebih aman dalam hal memperbaiki atau mengembalikan kondisi suatu lingkungan yang telah mengalami penurunan kualitasnya, menjadi seperti semula sesuai dengan fungsinya masing-masing. Bio dalam bioremediasi adalah suatu organisme hidup yang berperan dalam kerja pengembalian suatu kondisi lingkungan seperti semula. Selain dengan menggunakan mikroorganisme, bioremediasi juga dapat dilakukan dengan tumbuhan atau yang biasa disebut dengan fitoremediasi. Namun fitoremediasi memerlukan waktu yang cukup lama. Sehingga bioremediasi menggunakan mikroorganisme adalah teknik bioremediasi yang sering digunakan.

Bakteri sangat berpotensi sebagai agen bioremediasi pada pencemaran minyak bumi baik di tanah maupun perairan. Penelitian mengenai potensi bakteri dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon baik alifatik maupun aromatik akibat tumpahan minyak bumi telah banyak dilakukan. Uji tingkat biodegradasi terhadap senyawa fenantren dari isolat terpilih *Pseudomonas sp* Kalp3b22 dapat mendegradasi fenantren sebesar 59,5% selama 29 hari. Akan tetapi hingga hari ke-29 bakteri ini tidak mampu mendegradasi fenantren secara total, bakteri tersebut

hanya mampu mendegradasi senyawa fenantren menjadi senyawa 1-naftalenol (Murniasih *et al.*, 2009).

Bioremediasi adalah suatu pilihan yang ditawarkan yang memungkinkan untuk merusak atau mengubah berbagai kontaminan dengan menggunakan aktivitas biologi. Bioremediasi termasuk tiga prinsip pendekatan yaitu: pelemahan alami atau saat ini lebih dikenal dengan bioremediasi, biostimulan, dan bioaugmentasi.

Pada proses bioremediasi ada beberapa persyaratan supaya bioremediasi dapat berjalan dengan baik, adapun kriteria menurut Steven & Marc (1996) adalah:

- a. Adanya populasi mikroba, yaitu mikroba yang dapat mendegradasi polutan.
- b. Terdapatnya sumber energi dan sumber karbon yang bisa digunakan sebagai sumber energi dengan melepaskan elektron selama transformasi dan juga digunakan oleh sel mikroba tersebut.
- c. Adanya nutrisi, pertumbuhan bakteri memerlukan nutrisi antara lain nitrogen, fosfor, kalsium, potasium, magnesium, besi, dan lain-lain.
- d. Kondisi lingkungan yang mendukung seperti temperatur, pH, salinitas, tekanan, konsentrasi polutan dan kehadiran inhibitor.

Berdasarkan agen dan proses biologis serta pelaksanaan bioremediasi dapat dibagi menjadi dua kelompok (Gossalam, 1999)

- a. *In situ* Bioremediasi

In situ bioremediasi juga disebut inersistik bioremediasi atau *natural attenuation*, secara prinsip merupakan rancangan yang mengandalkan

kemampuan mikroorganisme *indigenus* dalam merombak polutan untuk melenyapkan polutan dari lingkungan.

b. *Ex situ* bioremediasi

Ex situ bioremediasi merupakan pemindahan polutan dalam suatu tempat untuk diberikan suatu perlakuan (*above ground treatment*).

Metode dan prinsip proses bioremediasi adalah atau mempengaruhi proses tersebut (Eweis *et al.*, 1998). Pentingnya aerasi untuk memenuhi kekurangan oksigen berkaitan dengan kurang efektifnya kerja enzim oksigenase dalam penguraian fraksi aromatik. Selain oksigen, rendahnya kandungan nutrisi dalam medium akan membatasi pertumbuhan mikroorganisme untuk mendegradasi.

Dalam bioremediasi penggunaan mikroorganisme *indigenus* (indigen) saja masih belum maksimum sehingga diperlukan inokulasi mikroorganisme *eksogenous* (eksogen) yang merupakan kultur campuran (konsorsium) beberapa jenis bakteri atau jamur yang potensial dalam mendegradasi pencemar tersebut (Udiharto, 1992).

2.4. Biodegradasi Lumpur Minyak Bumi

Tingkat degradasi minyak bumi fraksi berat lebih kecil dibandingkan dengan minyak bumi fraksi ringan dikarenakan adanya perbedaan suseptabilitas dalam degradasi masing-masing komponen hidrokarbon minyak bumi pada kedua jenis minyak bumi tersebut. Kemampuan populasi campuran mikroba dalam menggunakan minyak bumi (campuran hidrokarbon) sebagai karbon tunggal juga

tidak hanya bergabung pada fraksi-fraksi tidakjenuh tapi juga padafraksi alifatik (Atlas & Bartha, 1997).

Laju degradasi tumpahan hidrokarbon minyak bumi sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan. Beberapa faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi biodegradasi minyak bumi adalah:

1. Kadar Air

Kandungan air sangat penting untuk aktivitas metabolik dari mikroba pada limbah minyak bumi karena mikroba akan hidup aktif di interfase antara minyak dan air (Udiharto, 1992). Kelembaban berkisar antara 50-80% kapasitas penyangga air merupakan kelembaban ideal untuk berlangsungnya aktivitas mikroba. Kelembaban yang telah rendah menyebabkan tanah menjadi kering sedangkan jika terlalu tinggi akan mengganggu penyediaan oksigen (Santosa, 1999).

2. Temperatur

Kemampuan mikroba dalam biodegradasi minyak bumi ditentukan juga oleh temperatur lingkungan. Berdasarkan suhu lingkungan mikroba dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu:

- a. Psikofilik memerlukan suhu optimum antara 5 - 15°C
- b. Mesofilik memerlukan suhu optimum antara 25 - 40°C
- c. Thermofilik memerlukan suhu optimum antara 45 - 60°C

Sedangkan keperluan bioremediasi kebanyakan digunakan mikroba mesofilik (Udiharto, 1992).

3. Komposisi Kimia Minyak Bumi

Minyak bumi terdiri dari campuran senyawa-senyawa yang beragam dan umumnya berupa hidrokarbon. masing-masing senyawa penyusun minyak bumi tersebut memiliki tingkat biodegradasi berbeda. Adapun urutan degradasi yang terjadi adalah n-alkana, isoalkana dan alkil benzena, -ana bercabang, sikloalkana, dan yang terakhir kelompok polisiklik (Sugoro, 2002).

4. Nutrisi

Minyak bumi merupakan sumber karbon dan energi yang sesuai untuk pertumbuhan mikroba, tetapi memiliki defisiensi unsur nitrogen dan fosfor ini akan menjadi faktor pembatas degradasi hidrokarbon oleh mikroba. Penyesuaian terhadap perbandingan karbon, nitrogen dan fosfor dalam bentuk pupuk. Nitrogen dan fosfor dalam bentuk garam-garam anorganik efektif meningkatkan biodegradasi dalam sistem tertutup tetapi cenderung untuk hilang dalam simulasi percobaan lapangan (Sugoro, 2002).

2.5. Mikroorganisme Pendegradasi Hidrokarbon

Dalam proses degradasi minyak bumi, jenis dan jumlah mikroorganisme mempengaruhi proses degradasi. Interaksi antar populasi bakteri akan mempercepat terjadinya proses biodegradasi minyak bumi. Setiap bakteri memiliki jalur metabolisme yang berbeda-beda.

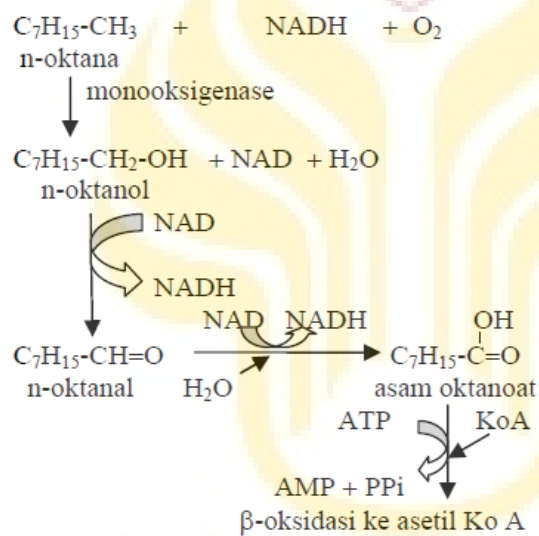
Bentuk konsorsium dalam kultur campuran mempercepat proses biodegradasi secara sempurna. Dalam penelitiannya Udiharto (1992) menyatakan bahwa menggunakan kultur campuran isolat bakteri untuk mendegradasi minyak bumi mencemari laut memiliki biodegradabilitas tinggi lebih baik dibandingkan

dengan kultur murni. Pada umumnya, bakteri hanya melakukan satu atau dua tahapan dari suatu jalur metabolisme dan bila bakteri berupa kultur campuran maka tahapan yang biasa dilakukan dari jalur metabolisme akan lebih panjang dan lebih menguntungkan bila terjadi konsorsium yang bersifat sinergisme (Sugoro,2002).

Mikroorganisme hidrokarbonoklastik mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon dengan memanfaatkan senyawa hidrokarbon tersebut sebagai sumber karbon energi yang diperlukan bagi pertumbuhannya. Mikroorganisme ini mampu menguraikan komponen minyak bumi karena kemampuannya mengoksidasi hidrokarbon dan menjadikan hidrokarbon sebagai elektronnya. Mikroorganisme ini berpartisipasi dalam pembersihan tumpahan minyak dengan mengoksidasi minyak bumi menjadi gas karbondioksida (CO_2), bakteri pendegradasi minyak bumi akan menghasilkan bioproduk seperti asam lemak, gas, surfaktan, dan biopolymer yang dapat meningkatkan porositas dan permeabilitas bantuan reservoir formasi klastik dan karbonat apabila bakteri ini menguraikan minyak bumi.

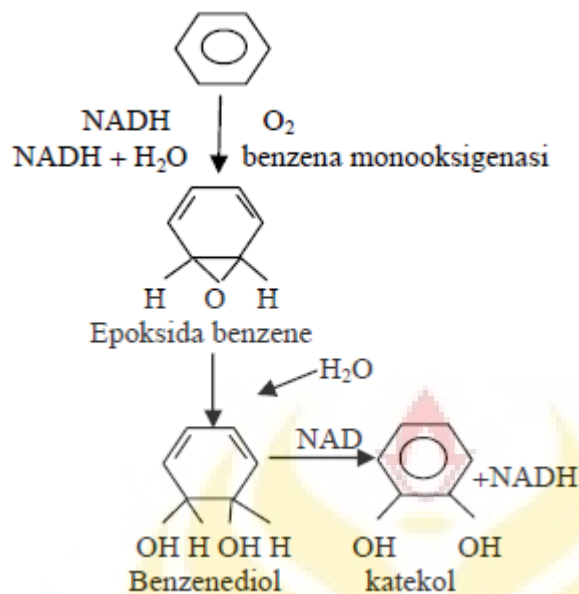
Bakteri pengurai minyak bumi ternyata cukup banyak dan dapat ditemukan di berbagai tempat yang sesuai, yaitu lingkungan yang mengandung limbah minyak bumi yang cukup. Bakteri pengurai tersebut perlu ditingkatkan aktivitasnya agar dapat berperan aktif dalam menguraikan minyak bumi. Dalam hal ini perlu diperhatikan faktor-faktor pendukung proses penguraian tersebut, seperti kandungan air, pH, dan suhu, nutrisi yang tersedia, serta ada atau tidaknya material yang toksik.

Pada Gambar 2.4 menunjukkan degradasi senyawa alifatik (parafin) seperti n-alkana terutama melalui oksidasi pada gugus metil terminal membentuk alkohol primer dengan bantuan enzim oksigenase. Alkohol akan dioksidasi lebih lanjut menjadi aldehida, kemudian asam organik dan akhir dihasilkan asam lemak dan asetil koenzim A. senyawa antara asetil Ko-A akan masuk ke dalam siklus Krebs. Rantai karbon akan berkurang dari C_n menjadi C_{n-2} yang terus berlanjut sampai molekul hidrokarbon teroksidasi (Atlas & Bartha, 1998).



Gambar 2.4 Reaksi degradasi hidrokarbon alifatik

Senyawa aromatik banyak digunakan sebagai donor elektron secara aerobik oleh mikroorganisme seperti bakteri dari genus *Pseudomonas*. Metabolisme senyawa ini oleh bakteri diawali pembentukan katekol atau protokatekol. Senyawa tersebut selanjutnya didegradasi menjadi senyawa yang dapat masuk ke dalam siklus Krebs, yaitu asam suksinat, asetil Ko-A, dan asam piruvat. Reaksi degradasi senyawa aromatik dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Reaksi degradasi hidrokarbon aromatik

2.6. Kotoran Hewan

Kotoran hewan merupakan bahan aktif, yang banyak mengandung mikroba. Selain kaya akan mikroba perombak, kotoran hewan juga memiliki kandungan nutrisi yang cukup bagi pertumbuhan mikroba. Secara umum, kotoran segar hewan mengandung 70% - 80% air, 0,3 - 0,6 % nitrogen, 0,1 - 0,4% fosfor dalam bentuk P_2O_5 , 0,3 - 1,0% kalium dalam bentuk K_2O .

Beberapa jenis bakteri yang terdapat dalam limbah kotoran kambing antara lain *Nitrosococcus sp*, *Pseudomonas striata*, *Nitrosomonas sp*, Mikoriza, *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces sp*, dan *Tricoderma sp*. Mikroba yang terkandung didalam kotoran ternak kuda antara lain *Entamoeba caprae*, *Calismatic equi*, dan *Entamoeba equi*.

Tabel 2.2 Jenis dan kandungan zat hara pada beberapa kotoran ternak padat dan cair

Ternak dan bentuk kotorannya	Nitrogen (%)	Fosfor (%)	Kalium (%)	Air (%)
Kuda – padat	0,55	0,30	0,40	75
Kuda – cair	1,40	0,02	1,60	90
Kerbau – padat	0,60	0,30	0,34	85
Kerbau – cair	1,00	0,15	1,50	92
Sapi – padat	0,40	0,20	0,10	85
Sapi – cair	1,00	0,50	1,50	92
Kambing – padat	0,60	0,30	0,17	60
Kambing – cair	1,50	0,13	1,80	85
Domba – padat	0,75	0,50	0,45	60
Domba – cair	1,35	0,05	2,10	85
Babi – padat	0,95	0,35	0,40	80
Babi – cair	0,40	0,10	0,45	87
Ayam – padat dan cair	1,00	0,80	0,40	55

Sumber : (Charlena, 2010)

Bahan organik penting dalam meningkatkan produktivitas tanah dan merupakan sumber kehidupan bagi bermacam-macam mikroba. Komposisi kimia kotoran kuda dan kambing ditemukan kandungan hara pada kedua kotoran tersebut memiliki jumlah yang lebih besar dibandingkan dengan kotoran hewan yang lain.



(a)



(b)

Gambar 2.6 (a) Kotoran kambing, (b) kotoran kuda

2.7. Kromatografi Gas

Kromatografi adalah teknik pemisahan fisik suatu campuran zat-zat kimia yang berdasar pada perbedaan migrasi dari masing-masing komponen campuran yang terpisah pada fase diam di bawah pengaruh pergerakan fase yang bergerak. Kromatografi bertujuan untuk pemisahan komponen dari matriks sampel dan tetap dibiarkan dalam fase diam kemudian ditentukan untuk analisis (Hermanto,2008).

Kromatografi gas merupakan metode yang dinamis untuk pemisahan senyawa-senyawa organik yang mudah menguap dan senyawa-senyawa gas anorganik dalam suatu campuran. Sampel yang mudah menguap (dan stabil terhadap panas) akan bermigrasi melalui kolom yang mengandung fase diam dengan suatu kecepatan yang tergantung pada rasio distribusinya. Pada umumnya solut akan terelusi berdasarkan pada peningkatan titik didihnya dan afinitasnya terhadap fasa diam. Fasa gerak yang berupa gas akan mengelusi solut dari ujung kolom lalu menghantarkannya ke detektor (Wittowski & Matissek, 1990). Kromatografi gas dapat digunakan untuk analisis kualitatif dan kuantitatif. Untuk analisis kualitatif dilakukan dengan cara membandingkan waktu retensi dari komponen yang kita analisis dengan waktu retensi zat baku pembanding (standar) pada kondisi analisis yang sama. Untuk analisis kuantitatif dilakukan dengan cara perhitungan relatif tinggi atau luas puncak kromatogram komponen yang dianalisis terhadap zat baku pembanding (standar) yang dianalisis (Johnson & Stevenson, 1991 dalam McNair & Miller, 1998)

Penggunaan alat kromatografi gas menghasilkan pemisahan senyawa-senyawa di dalam fraksi alifatik dan aromatik sehingga senyawa-senyawa di dalam fraksi alifatik dan aromatik sehingga degradasi dapat dideteksi dengan

melihat tumbuhnya atau hilangnya berbagai puncak yang merupakan identitas senyawa-senyawa tersebut (Nugroho,2006).

2.8. Penelitian Terkait

Banyak penelitian lapangan yang telah dilakukan mengenai bioremediasi dengan penambahan nutrisi organik, namun kondisi dan komposisi penambahan nutrisi yang tepat belum ditemukan. Kebanyakan mereka menyatakan bahwa jenis dan konsentrasi nutrisi yang optimal sangat bervariasi bergantung properti minyak dan kondisi lingkungan (Venosa & Zhu, 2003).

Atagana (2008) telah meneliti bioremediasi hidrokarbon terhadap pencemaran tanah dengan pupuk organik, menunjukkan bahwa pupuk organik (pupuk kandang) yang dilengkapi dengan inokulasi secara efektif dapat menurunkan kandungan hidrokarbon yang tercemar di tanah dalam waktu empat bulan dengan penurunan yang fluktuatif setiap bulannya.

Munawar (2007) telah meneliti pengaruh penambahan nutrisi organik pada bioremediasi tumpahan minyak mentah (*crude oil*) dengan menggunakan metode biostimulasi di lingkungan pantai Surabaya Timur. Dalam waktu 30 hari, bioremediasi dengan metode ini menurunkan konsentrasi hidrokarbon sampai dengan 88,25%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan organik memberikan indikasi yang baik untuk digunakan sebagai sumber nutrisi.

Juliani &Fudhola(2011) telah meneliti bioremediasi *oil sludge* PT. Pertamina Cilacap dengan penambahan kompos sebagai *bulking agent* dan sumber nutrisi tambahan, pemberian kompos sebanyak 10% b/b memberikan pengaruh positif terhadap proses penurunan *Total petroleum hydrocarbon* (TPH).

Charlena (2010) telah meneliti bioremediasi tanah tercemar minyak berat menggunakan konsorsium bakteri yang diperoleh dari campuran limbah minyak berat dan kotoran hewan (sapi dan kuda), Dari tanah tercemar limbah minyak berat berhasil diisolasi 11 isolat bakteri yang mampu mendegradasi senyawa fenantrena, dibenzotiofena dan fluorena. Dari 11 isolat yang didapat, bakteri yang memiliki kinerja terbaik dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon yang terdapat dalam limbah minyak berat adalah isolat bakteri dengan kode MY7, MY12 dan MYFlr.

Oblakalajeet.al, (2013) telah menelitipenambahan yang paling efektif untuk menurunkan kadar hidrokarbon dalam limbah minyak berat antara kotoran sapi, kotoran kambing, atau kotoran unggas. Dalam penelitian ini diperoleh hasil penurunan TPH terbaik adalah dengan penambahan kotoran kambing dengan penurunan TPH sebesar 87,1 %.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan pada bioremediasi limbah lumpur minyak bumi (*oil sludge*) menggunakan kotoran hewan kambing dan kuda adalah:

1. Penambahan kotoran hewan kambing dan kuda pada bioremediasi limbah minyak bumi (*oil sludge*) pertambangan desa Wonocolo mampu dijadikan agen bioremediasi yang baik, dengan presentase penurunan kadar TPH tertinggi pada reaktor 3 dengan proporsi *oil sludge* dalam reaktor 4:1:0 dengan presentase penurunan 68,83%.
2. Pada waktu 5 minggu penelitian, TPH *oil sludge* terus mengalami penurunan. Waktu remediasi yang dibutuhkan untuk menurunkan 100% kadar TPH pada limbah *oil sludge* pertambangan desa Wonocolo dengan penambahan kotoran hewan kambing dan kuda adalah lebih dari 5 minggu, karena pada batas penelitian selama 5 minggu kadar penurunan TPH adalah sebesar 68,83%.

5.2. Saran

Saran yang perlu diberikan setelah melihat dan membaca hasil penelitian ini adalah:

1. Berhati-hati dalam perlakuan bioremediasi karena dikhawatirkan bakteri yang digunakan dapat mencemari lingkungan sekitar proses bioremediasi.
2. Perlu adanya perlakuan khusus terhadap penggunaan bakteri patogen, karena berpotensi menjangkit penyakit pada individu yang terkena.
3. Perlu adanya persiapan antimikroba saat penelitian bioremediasi dengan bakteri, sehingga saat terkena dapat segera meakukan penanganan sebagai antisipasi.
4. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui waktu terbaik degradasioil *sludge* pertambangan desa Wonocolo.

DAFTAR PUSTAKA

- Atagana, HI. 2008. Compost Bioremediation of Hydrocarbon – Contaminated Soil Inoculated with Organic Manure. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 6 (13). pp. 1529-1535.
- Atlas MR, Bartha R.1998. *Microbial Ecology: Fundamentals And Applications*. 4th edition. *benjamin/Cummings Publishing Company, Inc*.
- BP Statistical Review of World Energy. 2016. *BP Statistical Review of World Energy has provided high-quality objective and globally consistent data on world energy markets*. USA: US Securities and Exchange
- Charlena.2010. Bioremediasi Tanah Tercemar Limbah Minyak Berat Menggunakan Konsorsium Bakteri. *Thesis Magister IPB*. Bogor.
- Cookson, J. T, Jr. 1995. *Bioremediation Engineering Design and Application*, *Mc Graw-Hill, Inc*. USA.
- Effendi, AJ. 1999. Isolation and Characterization of 2-3-Dichloro-1-propanol-degrading Bacterium: *Agrobacterium sp. NHG3*. *PhD Thesis*, University of Wales. Cardiff, UK.
- Eweis JB, Sarina JE, Daniel PYC, Schroeder ED.1998. *Bioremediation Principles*. *Mc Graw-Hill*.
- Fahrudin. 2004. *Dampak tumpahan minyak pada biota laut*. www.kompas.co/kompas-cetak/0403/17/ilpeng/918248.html
- Gossalam. 1999. *Kemampuan Degradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Oleh Isolat Bakteri Dari Lingkungan Hutan Mangrove*. Thesis Magister ITB. Bandung.
- Hadi, S.N. 2003. *Degradasi Minyak Bumi via Tangan Mikroorganisme*. Artikel: <http://www.chem-is-try.org/?sect=artikel&ext=64>.
- Hardjono. A. 2000. *Teknologi Minyak Bumi*. Edisi pertama. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hermanto, S. 2008. *Mengenal Lebih Jauh Teknik Analisa Kromatografi dan Spektrofotometri*. Jakarta: Pusat Laboratorium Terpadu UIN Syarif Hidayatullah .
- Johnson, E. L., & Stevenson, R. 1991. *Dasar Kromatografi Cair*. bandung: Penerbit ITB.

- Juliani, Any., Fudhola Rahman. 2011. Bioremediasi Lumpur Minyak (*Oil sludge*) dengan Penambahan Kompos sebagai *Bulking agent* Dan Sumber Nutrisi Tambahan. *Volume 3 Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan* (pp 001-018).
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2003. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003 tentang Tata Cara dan Persyaratan. Teknis Pengolahan Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi Limbah Minyak Bumi secara Biologis*. Jakarta: Departemen Lingkungan Hidup.
- Kristianto, P. 2002. *Ekologi Industri*. Jakarta: Penerbit Andi
- Leahy, J.G and R.C. Rita. 1990. Microbiology Degradation of Hydrocarbon. *Environmental Microbiology Review*. Vol. 54.
- Mangkoedihardjo, S. 2005. *Seleksi Pemilihan untuk Ekosistem Laut Tercemar. Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan*. Institute Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- McNair, H. M., & Miller, J. M. 1998. *Basic gas Chromatography*. New York: John Willey & Sons.
- Morgan P. Watkinson RJ. 1994. *Biodegradation of Component Petroleum C. Railedge (ed). Biochemistry of Microbial Degradation*. Kluwer Academic Publisher, Belanda.
- Munawar. 2007. Bioremediasi Tumpahan Minyak dengan Metode Biostimulasi Nutrien Organik di Lingkungan Pantai Surabaya Timur. *Berk Panel Hayati*: 13 (91-96).
- Murniasih, T., Yopi., Budiawan. 2009. Biodegradasi Fenantren oleh Bakteri Laut *Pseudomonas sp KalP3b22* Asal Kumai Kalimantan Tengah. *Makara Sains*. 13(1):77-80.
- Nghia. N. K. 2007. Degradation of Aged Creosote and Diesel Contaminated Soils by Phytoremediation or Biostimulation (*nutrients*). *MASTER THESIS in Soil Science, 20 credits*. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Nugroho, A. 2006. Bioremediasi *Oil sludge* Minyak Bumi dalam Skala Mikroskopis: Simulasi Sederhana Sebagai Kajian Awal Bioremediasi Land Treatment. *Makara Teknologi*. Vol. 10, No. 2, November 2006: 82-89
- Nugroho, Astri. 2007. Dinamika Populasi Konsorsium Bakteri Hidrokarbonoklastik: Studi Kasus Biodegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi Skala Laboratorium. *Jurnal ILMU DASAR*. Vol.8 No. 1, 2007 :13-23

- Nugroho, Astri. 2009. Produksi Gas Hasil Biodegradasi Minyak Bumi : Kajian Awal Aplikasinya dalam Microbial Enhanced Oil Recovery (MEOR). *Makara Sains*, Vol. 13, No. 2, November 2009: 111-116.
- Obiakalaje, U.M., Makinde O.A., Amakoromo E.R. 2013. Bioremediation of crude oil polluted soil using animal waste. *Vol 3. International Journal Of Environmental Bioremediation And Degradation*. (pp 79-85).
- Prince RC, Clark JR, Lee K. 2003. Bioremediation Effectiveness: Removing Hydrocarbon While Minimizing Environmental Impact. *9th International Petroleum Environmental Conference, IPEC (Integrated Petroleum Environmental Consortium)*, Albuquerque, NM.
- Rump, HH., Weinheim, HK. 1992. *Laboratorium Manual for The Examination of Water, Wastewater and soil*. VCH
- Santosa, D.A. 1999. *Bahan Kuliah Bioteknologi Tanah*. Fakultas Pertanian. Institute Pertanian Bogor.
- Spleight, J.G. 1980. *Handbook of Petroleum Analysis*. John Wiley & Sons. New York.
- Steven, B, Marc, K. 1996. *In situ Bioremediation Of Petroleum Aromatic Hydrocarbon. Ground Water Polution*. Diakses dari http://www.cee.vt.edu/program_areas/environmental/teach/gwptimer/group1/ind/ex/html.
- Sugoro, I. 2002. *Bioremediasi 'Sludge' Limbah Minyak Bumi Lahan Tercemar Dengan Teknik 'Land Farming' Dalam Skala Laboratorium*. Tesis Magister. ITB: Bandung.
- Sumastri. 2002. *Bioremediasi lumpur minyak bumi secara pengomposan menggunakan kultur bakteri hasil seleksi*. Bandung.
- Udiharto M. 1992. *Aktivitas Mikroba dalam Degradasi Minyak Bumi*. Diskusi Ilmiah VIII. Jakarta. PPPTMGB LEMIGAS.
- Venosa, AD., Zhu, X. 2003. Biodegradation of Crude Oil Contaminating Marine Shoreline and Freshwater Werland. *Spill Science and technology Bulletin*, Vol 8 (2).
- Wittowski, R., & Matissek, R. (1990). *Capillary Gas Chromatography In Food Control and Research*. Pennsylvania: Technomic Publishing.
- Yetti Y. 2008. Pengembangan Kebijakan AMDAL dalam Mencegah Kerusakan Lingkungan pada Kegiatan Usaha MIGAS. *Disertasi Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Sekolah Pascasarjana IPB*.