

Pemanfaatan Vermicompost dan Cacing Tanah (*Lumbricus Rubellus*) untuk Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi (Utilization of Vermicompost and Earthworms (*Lumbricus Rubellus*) for Bioremediation of Petroleum Polluted Soils)

Lita Darmayanti¹⁾, Nofia Afifah Putri²⁾, Muhandi²⁾

¹⁾ Program Studi S1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾ Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau) Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Pekanbaru, 28293

ARTICLE INFO

Article history

Received : 20 November 2022

Revised : 22 January 2023

Accepted : 26 February 2023

DOI :

<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v8i1.3723>

Keywords :

bioremediation; lumbricus rubellus; TPH; vermicompost

e-mail corresponding author :

litadarmayanti@eng.unri.ac.id

ABSTRAK

Indonesia sebagai salah satu negara penghasil minyak bumi rentan terhadap risiko pencemaran dan kerusakan lingkungan akibat aktivitas pertambangan minyak bumi. Minyak bumi mengandung senyawa hidrokarbon berbahaya, serta dapat merugikan ekosistem makhluk hidup sekitarnya. Senyawa hidrokarbon dalam minyak bumi sangat banyak sehingga untuk menentukan pencemaran minyak bumi pada tanah digunakan parameter *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) untuk mewakili senyawa-senyawa hidrokarbon tersebut. Salah satu upaya penanggulangan masalah pencemaran tanah oleh minyak bumi tersebut dapat dilakukan menggunakan cara biologi yang dikenal dengan istilah bioremediasi. Bioremediasi merupakan salah satu teknologi alternatif penting karena upaya ini dianggap lebih ekonomis dan aman bagi lingkungan, walaupun membutuhkan waktu yang lebih lama. Dalam penelitian ini, teknologi yang diterapkan adalah bioremediasi menggunakan teknik vermicomposting. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji proses bioremediasi dengan menggunakan teknik vermicomposting dengan menambahkan vermikompos dan cacing tanah (*Lumbricus rubellus*) sebagai upaya penanggulangan pencemaran tanah akibat limbah minyak bumi. Berdasarkan hasil penelitian, komposisi campuran tanah terkontaminasi minyak dengan vermikompos dengan perbandingan 1:2 (b/b) yang ditambah dengan 25 ekor cacing bisa menurunkan kadar TPH sebesar 89.63%. Penambahan vermikompos menyebabkan peningkatan porositas tanah sehingga transfer oksigen untuk kelangsungan hidup cacing tanah dan aktivitas mikroba pendegradasi selama proses bioremediasi menjadi lebih baik.

PENERBIT

UNITRI PRESS

Jl. Telagawarna, Tlogomas-
Malang, 65144, Telp/Fax:
0341-565500



This is an open access article under the **Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License**. Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI. CC-BY-SA

ABSTRACT

As one of the petroleum-producing countries, Indonesia is vulnerable to pollution and environmental damage due to petroleum mining activities. Petroleum contains harmful hydrocarbon compounds and can harm the ecosystem of surrounding living things. The hydrocarbon compounds in petroleum are so numerous that to determine petroleum pollution in the soil, the *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) parameter is used to represent these hydrocarbon compounds. One of the efforts to overcome the problem of soil pollution by petroleum can be done using biological methods known as bioremediation. Bioremediation is one of the essential alternative technologies because this effort is considered more economical and safe for the environment, although it takes longer. In this study, the technology applied was bioremediation using the vermicomposting technique. This study examined the bioremediation process using the vermicomposting technique by adding vermicompost and earthworms (*Lumbricus rubellus*) to overcome soil pollution due to petroleum waste. Based on the study's results, the composition of the mixture of oil-contaminated soil with vermicompost in a ratio of 1:2 (w/w) coupled with 25 worms can reduce the TPH level by 89.63%. The addition of vermicompost leads to an increase in soil porosity so that oxygen transfer for the survival of earthworms and the activity of degrading microbes during the bioremediation process is better than before.

Cara Mengutip : Darmayanti, L., Putri, N. A., Muhandi, M. (2023). Pemanfaatan Vermicompost dan Cacing Tanah (*Lumbricus Rubellus*) untuk Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi. *Reka Buana : Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 8(1), 41-51. doi:<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v8i1.3723>

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara penghasil minyak bumi. Salah satu provinsi penghasil minyak terbesar adalah Provinsi Riau. Area eksplorasi yang merupakan blok migas di Provinsi Riau memiliki luas 6.220 km dengan 96 lapangan minyak di antaranya Duri, Minas dan Bekasap [1] yang termasuk dalam wilayah kerja Blok Rokan. Berdasarkan data dari Annual Report PT. Chevron Pacific Indonesia (CPI) tahun 2019, Blok Rokan tercatat memproduksi sebesar 99.000 barel minyak. Kegiatan pertambangan minyak bumi sangat rentan dengan risiko pencemaran dan perusakan lingkungan. Hal ini juga diperkuat oleh Direktorat Jenderal Sumber Daya Mineral Minyak dan Gas Bumi yang menyatakan bahwa PT CPI termasuk perusahaan minyak dan gas dengan pencemaran limbah terbesar [2]. Kemudian menurut data Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Kementerian ESDM, pada tahun 2018 PT.CPI menyisakan limbah minyak sebanyak 27.275,6 ton berserakan dan mencemari lahan serta terdapat sisa limbah operasi sebanyak 3.515 ton.

Minyak bumi terdiri dari campuran kompleks hidrokarbon yang termasuk ke dalam jenis bahan berbahaya dan beracun (B3) [3]. Minyak bumi yang tumpah di tanah dapat masuk mengisi pori-pori di dalam tanah, mengurangi porositas tanah dan meresap hingga mencapai lapisan akuifer sehingga dapat mencemari air tanah yang merupakan sumber air bersih untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri sehingga menjadi masalah serius bagi daerah yang mengandalkan air tanah sebagai sumber utama air bersih atau air minumnya. Pencemaran hidrokarbon dalam minyak bumi meskipun dalam jumlah yang sedikit dapat menyebabkan rasa dan bau pada air tanah [4]. Parameter yang biasa digunakan untuk mengetahui pencemaran tanah oleh minyak bumi adalah akumulasi semua senyawa hidrokarbon yang dikenal dengan *total petroleum hydrocarbon* (TPH) [5]. TPH merupakan pengukuran jumlah total semua senyawa hidrokarbon dalam minyak bumi yang terdapat dalam sampel tanah dan dinyatakan dengan satuan mg hidrokarbon/kg tanah [4].

Lingkungan dapat mendegradasi pencemar hidrokarbon yang terdapat dalam tanah secara alami baik melalui proses biologi maupun kimia. Namun, keberadaan logam beracun dalam minyak bumi dapat menghambat aktivitas degradasi hidrokarbon di tanah yang terkontaminasi minyak bumi [6]. Upaya mengatasi pencemaran yang diakibatkan minyak bumi dapat dilakukan secara fisika, kimia, dan biologi. Jika tanah terlanjur tercemar minyak bumi, untuk mencegah penyebaran yang lebih luas maka penanganan secara fisika bisa digunakan sebagai langkah awal. Namun cara ini kurang efektif apabila terjadi di tanah karena membutuhkan biaya yang tinggi untuk pengangkutan dan insinerasi untuk pembersihan lahan. Salah satu contoh penanggulangan secara fisika yakni dengan menimbun tanah yang tercemar [7]. Penanggulangan minyak bumi secara kimia dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan kimia yang mampu menguraikan senyawa-senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam minyak bumi [8]. Pemakaian bahan kimia sering kali membutuhkan biaya yang tidak sedikit dan dapat menimbulkan pencemaran baru yang bersifat lebih beracun dari bahan pencemarnya, meskipun remediasi secara kimia dapat memberikan perubahan dalam waktu yang singkat. Di samping itu, bahan kimia yang telah diaplikasikan ke tanah tercemar harus ditarik kembali dari lingkungan agar tidak

menimbulkan dampak negatif lain. Hal ini memerlukan teknologi dan peralatan canggih [4] yang biasanya juga membutuhkan biaya yang banyak. Penanggulangan minyak bumi secara biologi dianggap sebagai alternatif karena upaya ini dianggap lebih ekonomis dan aman bagi lingkungan, meskipun dibutuhkan waktu yang lebih panjang [9].

Upaya penanggulangan limbah minyak bumi secara biologi atau bioremediasi merupakan upaya mendetoksifikasi lingkungan yang tercemar dengan menggunakan organisme hidup, terutama mikroorganisme (bakteri, jamur, dan mikroalga) [10]. Salah satu teknik bioremediasi yang bisa digunakan adalah teknik composting. Proses pengomposan atau composting juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan hewan seperti cacing tanah sebagai agen pengomposan yang dikenal dengan vermicomposting. Vermicomposting adalah proses untuk merubah turunan diesel dan minyak bumi menjadi produk vermikompos yang berguna dan berkualitas tinggi untuk aplikasi selanjutnya [11].

Selain mampu menguraikan minyak bumi, cacing tanah juga mampu mengadsorpsi logam berat yang terdapat dalam tanah tercemar melalui difusi permukaan tubuhnya [12]. Selain itu cacing tanah terbukti meningkatkan aerasi, nutrisi, dan kesuburan tanah yang merupakan variable-variabel yang membatasi bioremediasi [13]. Cacing tanah dapat menjadi agen bioremediasi tanah yang terkontaminasi minyak ketika konsentrasi TPH <4000 mg/kg dan tidak mematikan [14] karena cacing tanah dapat bertahan hidup di media tanah yang tercemar minyak dengan konsentrasi tinggi (3500 mg/kg) [15]. *Lumbricus rubellus* bersifat *litter feeder* (pemakan) sampah dan hidup di permukaan tanah [16], sehingga cacing tanah ini diharapkan bisa dimanfaatkan untuk menanggulangi pencemaran tanah.

Dari uraian di atas maka penelitian bioremediasi untuk mengatasi tanah yang tercemar minyak bumi dengan teknik vermicomposting perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh komposisi campuran vermicomposting dan penambahan cacing tanah (*Lumbricus rubellus*) untuk memperbaiki tanah yang tercemar limbah minyak bumi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan sampel tanah yang terkontaminasi minyak bumi yang diperoleh dari perkebunan warga di Kecamatan Minas, Kabupaten Siak, Provinsi Riau. Sampel tanah terkontaminasi yang digunakan dibedakan menjadi dua, yaitu *undisturbed sample* dan *disturbed sample* yang diambil pada kedalaman 10-50 cm dari permukaan tanah. Cacing *Lumbricus rubellus* yang digunakan diperoleh dari salah satu pembudi daya cacing tanah di Tangerang, Provinsi Banten, vermikompos matang sebagai *bulking agent* yang diperoleh dari peternakan cacing tanah lokal, dan reaktor bioremediasi berdimensi 28 x 22 x 10 cm.

Penelitian dimulai dengan mengambil sampel tanah. Pengambilan sampel tanah tercemar dibedakan menjadi dua, yaitu *undisturbed sample* untuk pengujian kadar air alami tanah dan *disturbed sample* yang diambil pada kedalaman 10-50 cm dari permukaan tanah. *Disturbed sample* yang telah diambil kemudian dikeringudarkan selama 14 hari dan telah lolos saringan dengan ukuran lubang ayakan 2 mm untuk menghilangkan pengotor yang

ada di tanah seperti dedaunan dan sampah. Sebelum digunakan cacing terlebih dahulu diadaptasikan dan dibudidayakan menggunakan media tanah humus yang dicampur dedak jagung supaya cacing bisa berkembang biak dengan baik. Selanjutnya reaktor disiapkan untuk percobaan bioremediasi. Campuran sampel tanah tercemar dengan vermikompos dengan berat total ± 900 gram dimasukkan ke dalam reaktor. Proporsi campuran tanah tercemar dan vermikompos ada 3 variasi yaitu 1:2, 1:1, dan 2:1 (b/b). Selanjutnya cacing tanah yang telah disiapkan sebelumnya ditambahkan pada masing-masing reaktor. Pada masing-masing variasi campuran tanah tercemar ditambahkan 15 dan 25 ekor cacing. Pengkodean dan variasi reaktor yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1. Penelitian dan pengumpulan data meliputi analisis sifat fisik tanah seperti pengujian kadar air alami, pengujian specific gravity, pengujian porositas, pengujian derajat saturasi, pengujian void ratio, dan densitas. Kemudian analisa sifat kimia tanah dan vermikompos dengan pengujian pH dan pengujian kadar TPH awal. Selanjutnya dilakukan analisa terhadap kadar TPH akhir dari tanah tercemar yang diremediasi. Pengamatan dilakukan setiap 7 hari selama 35 hari.

Tabel 1. Variasi reaktor penelitian

Kode Reaktor	Variasi Reaktor		
	Tanah Tercemar (gr)	Vermikompos (gr)	Cacing tanah (ekor)
K0	-	-	20
K1	900	-	-
K2	300	600	-
K3	450	450	-
K4	600	300	-
R1a	300	600	15
R2a	450	450	15
R3a	600	300	15
R1b	300	600	25
R2b	450	450	25
R3b	600	300	25

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Fisik Tanah

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk menganalisis sifat fisik tanah seperti pengujian kadar air alami, pengujian specific gravity, pengujian porositas, pengujian derajat saturasi, pengujian void ratio, dan densitas. Hasil uji sifat fisik tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil penelitian sifat fisik tanah

Parameter Analisis	Tanah Tercermar
Kadar Air (w)	64,03 %
Specific gravity	2,58
Porositas (n)	0,72
Derajat saturasi	1
Void ratio	2,61
Densitas	1,85 gr/cm ³
Berat volume kering	1,13 gr/cm ³

Kadar air tanah merupakan salah satu parameter penting dalam pengelolaan tanah, untuk membentuk struktur tanah yang baik diperlukan kadar air yang tepat atau kadar air optimum. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kadar air tanah yang digunakan pada penelitian sebesar 64.03%. Kadar air tanah mempengaruhi habitat cacing tanah, karena cacing tanah banyak memerlukan air sebagai penyusun utama berat tubuhnya, bergerak, dan melunakkan partikel tanah [17]. Berat jenis atau specific gravity adalah perbandingan antara berat butir tanah dengan volume tanah padat atau berat air yang dengan isi sama dengan isi tanah padat tersebut pada suhu tertentu. Umumnya, nilai berat jenis berbagai tanah berada pada kisaran 2,65 sampai 2,75 [18]. *Specific gravity* pada tanah yang digunakan pada penelitian adalah 2.58 yang berarti jenis tanah lempung organik. Porositas merupakan perbandingan volume rongga dengan volume total sangat berpengaruh pada proses pertukaran oksigen selama degradasi hidrokarbon berlangsung. Porositas tanah yang digunakan pada penelitian adalah 0.72, hal ini dapat berpengaruh pada proses degradasi yang dilakukan oleh cacing tanah karena cacing tanah membutuhkan oksigen untuk hidupnya [19].

Derajat saturasi tanah berkaitan dengan distribusi kadar air di dalam tanah. Derajat saturasi menunjukkan persentase ruang pori tanah yang mengandung air. Derajat saturasi 1 mengindikasikan tanah tersebut jenuh oleh air. Angka pori bergantung pada distribusi ukuran butiran, susunan serta kerapatan butiran. Semakin padat susunan butiran tanah maka angka porinya akan semakin rendah atau kerapatannya tinggi [20]. Angka pori sampel tanah yang digunakan dalam penelitian adalah 2.61. Berat volume tanah bisa digunakan untuk melihat kegemburan tanah. Tanah dengan berat volume tanah basahnya 1,6 sampai 2,0 kg/cm³ dan berat volume keringnya 0,6 sampai 2,4 kg/cm³ termasuk pada tanah gembur [21]. Tanah yang digunakan pada penelitian memiliki densitas basah sebesar 1.85 gr/cm³ dan densitas kering sebesar 1,13 gr/cm³. Ini berarti sampel tanah yang digunakan tergolong pada tanah yang gembur dan bisa digunakan untuk proses bioremediasi.

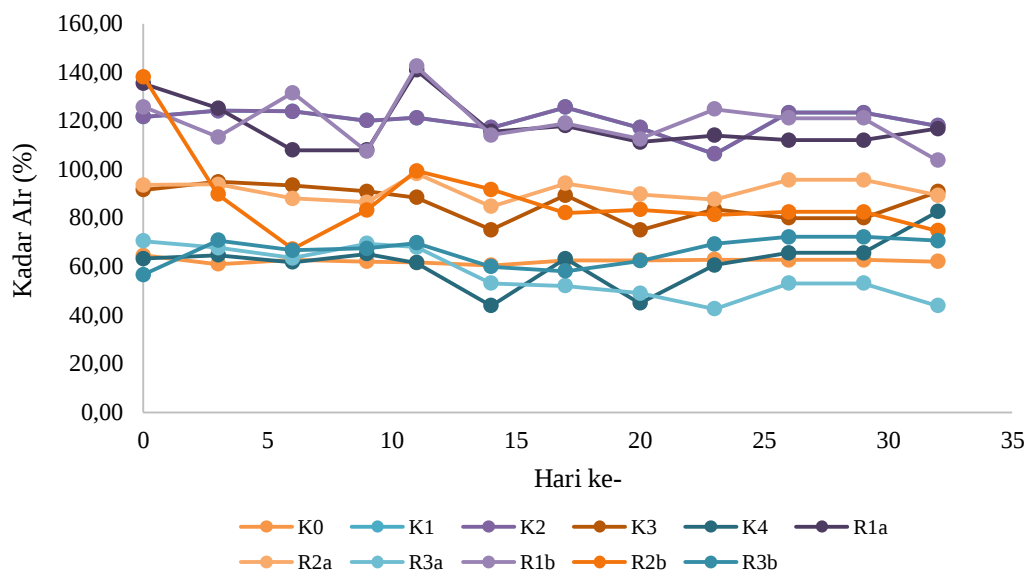
Suhu dan pH

Aktivitas, pertumbuhan, metabolisme, pernapasan dan reproduksi cacing tanah umumnya dipengaruhi oleh temperatur. Selama penelitian berlangsung dilakukan pengamatan terhadap perubahan temperature pada setiap reaktor. Suhu pada setiap reaktor berkisar antara 26 – 27 °C dan tidak terpengaruh dengan suhu lingkungan karena posisinya terlindung dari sinar matahari.

Konsentrasi ion hidrogen (pH) dalam media menunjukkan derajat keasaman media tersebut. Pada umumnya cacing tanah sangat sensitif terhadap konsentrasi ion hidrogen, sehingga keasaman media merupakan faktor pembatas pada penyebaran cacing tanah. Nilai pH rata-rata antara 4-8 merupakan kondisi optimum untuk perkembangan cacing tanah, tetapi cacing tanah lebih suka hidup di tanah dengan pH netral yaitu 6-7.2 [19], [22]. Proses pembusukan dan fermentasi oleh bakteri dalam tubuh cacing tanah dapat bekerja optimal pada rentang pH tersebut. Nilai pH tanah juga mempengaruhi kecepatan menggali, cacing tanah akan lebih cepat menggali di tanah dengan pH netral dibandingkan dengan tanah pH asam [23]. Selama penelitian nilai pH tanah pada semua reaktor menunjukkan stabil pada nilai 7. Hal ini sesuai dengan pH optimum untuk bioremediasi dan aktivitas hidup cacing tanah yaitu 6 hingga 7.2 [24], [19].

Kadar Air

Pertumbuhan dan daya reproduksi cacing tanah juga dipengaruhi oleh kadar air tanah. Kelembaban yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan cacing tanah berwarna pucat dan kemudian mati. Kelembaban tanah menggambarkan jumlah uap air yang terkandung di dalam tanah. Dalam penelitian ini kelembaban tanah dijaga agar tetap berada di 70%, kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui kadar air dan menjaga tingkat kelembaban tersebut. Gambar 1 menunjukkan hasil pengujian kadar air yang dilakukan selama 3 hari sekali.



Gambar 1. Grafik Kadar Air

Berdasarkan tabel hasil penelitian di atas, pada reaktor K2, R1a dan R3a dengan perbandingan tanah tercemar dan kompos 1:2 (b/b) kadar air pada media berada pada kisaran 103.7% hingga mencapai 138.1%, dilanjutkan dengan reaktor K3, R2a, dan R2b dengan perbandingan tanah tercemar dan kompos 1:1 (b/b) kadar air pada media mencapai 94.9%, dan reaktor K4, R3a dan R3b dengan perbandingan tanah tercemar dan kompos 2:1

(b/b) kadar air media berada pada kisaran 60% hingga mencapai 82.7%. Namun tidak ditemukan adanya kematian cacing tanah (*Lumbricus rubellus*) akibat terlalu banyak air. Kemungkinan kadar air ini berasal dari kandungan organik vermikompos yang digunakan pada saat bioremediasi sehingga tidak mengganggu aktivitas cacing tanah selama proses bioremediasi berlangsung. Selain itu, penambahan bahan organik (vermikompos) dapat meningkatkan porositas tanah. Kondisi ini juga akan berpengaruh pada tingkat aerasi tanah dan status kadar air dalam tanah. Kompos mengandung banyak mikrobabyang juga dapat menggunakan minyak sebagai sumber energi, sehingga senyawa-senyawa hidrokarbon pembentuk minyak yang melekat pada pori-pori tanah terlepas dan terisi dengan air [25].

Pengaruh Penambahan Vermikompos dan Cacing Tanah Terhadap Penurunan Kadar TPH

Pengujian TPH dilakukan untuk mengetahui penurunan konsentrasi hidrokarbon di dalam reaktor selama durasi penelitian yaitu 35 hari. Aerasi dilakukan dengan cara melakukan pengadukan reaktor secara manual dan pemberian air 2 hari sekali. Pengadukan dilakukan untuk menjaga pertukaran oksigen yang diperlukan cacing tanah tanah berlangsung dengan baik. Hasil pengukuran TPH dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil Pengujian Total Petroleum Hydrocarbon (TPH)

Kode Sampel	Proporsi			Konsentrasi TPH (%)		Pengurangan TPH (%)
	Tanah Tercemar (gr)	Vermikompos (gr)	Cacing Tanah (ekor)	Awal	Akhir	
K0	-	-	20	0.00	0.00	0.00
K1	900	-	-	4.25	3.65	14.12
K2	300	600	-	3.5	2.35	32.86
K3	450	450	-	3.8	2.7	28.95
K4	600	300	-	3.95	3.05	22.79
R1a	300	600	15	3.38	0.52	84.69
R2a	450	450	15	3.55	0.8	77.47
R3a	600	300	15	3.65	0.85	76.71
R1b	300	600	25	3.6	0.37	89.63
R2b	450	450	25	3.8	0.53	85.97
R3b	600	300	25	3.92	0.62	84.27

Hasil pengujian menunjukkan kecenderungan penurunan TPH pada semua reaktor penelitian dalam waktu 35 hari. Penurunan kadar TPH dapat diakibatkan karena adanya bakteri *indigenous* dalam tanah yang juga memiliki kemampuan mendegradasi hidrokarbon walaupun tidak dilakukan penambahan vermikompos. Berdasarkan tabel pengujian TPH di atas, penurunan terbesar TPH terjadi pada reaktor R1b yang memiliki komposisi tanah tercemar dan vermikompos 1:2 (b/b) dan penambahan 25 ekor cacing tanah dengan nilai penurunan 89,63% diikuti dengan reaktor R2b dengan komposisi tanah tercemar dan vermikompos 1:1 (b/b) dan penambahan 25 ekor cacing tanah dengan nilai

penurunan 85.97%, kemudian reaktor R1a dengan komposisi tanah tercemar dan vermikompos 1:2 (b/b) dan penambahan 15 ekor cacing tanah, reaktor R3b dengan proporsi perbandingan tanah tercemar dan vermikompos 2:1 (b/b) dan penambahan 25 ekor cacing tanah, reaktor R2a dengan proporsi perbandingan tanah tercemar dan vermikompos 1:1 (b/b) dan penambahan 15 ekor cacing tanah, reaktor R3a dengan proporsi perbandingan tanah tercemar dan vermikompos 2:1 (b/b) dan penambahan 15 ekor cacing tanah dengan nilai penurunan berturut turut adalah 84,69%, 77,47% dan 76,71%. Semua reaktor yang menggunakan cacing bisa mengurangi kadar TPH dalam tanah sampai $< 1\%$. Hasil ini sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003.

Penambahan cacing tanah ke dalam reaktor dapat menyebabkan penurunan konsentrasi hidrokarbon dalam tanah tercemar semakin baik. Hal ini dibuktikan dengan penurunan yang terjadi pada reaktor dengan penambahan 25 ekor cacing tanah (*Lumbricus rubellus*) menunjukkan nilai penurunan yang lebih tinggi yakni dapat mencapai 89,63% daripada reaktor dengan penambahan 15 ekor cacing tanah (*Lumbricus rubellus*) yang hanya mencapai nilai 84,7%. Penurunan TPH tertinggi pada R1b menunjukkan adanya peranan mikroba pendegradasi hidrokarbon selain cacing tanah, sehingga proses degradasi hidrokarbon berlangsung lebih baik. Kemampuan degradasi hidrokarbon oleh mikroba pendegradasi hidrokarbon dalam tanah dibuktikan dengan terjadinya pengurangan TPH pada reaktor K1 hingga K4 tanpa penambahan cacing tanah.

Untuk mengetahui signifikansi peranan jumlah cacing dan komposisi vermikompos dilakukan uji analisis varians dua arah (*two ways anova*). Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Two Ways ANOVA tentang Pengaruh Variasi Komposisi dan Jumlah Cacing Tanah Terhadap Penurunan TPH

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Ragam	F Hitung	F crit
Variasi	77.24	2	38.62	6.06	5.14
Cacing Tanah	82.89	1	82.89	13.01	5.99
Interaction	12.87	2	6.43	1.01	5.14
Within	38.23	6	6.37		
Total	211.22	11			

Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa $F_{hitung} > F_{kriteria}$ untuk variasi komposisi vermikompos dan jumlah cacing. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi vermikompos berpengaruh signifikan terhadap penurunan TPH begitu juga dengan jumlah cacing. Hasil penelitian menunjukkan jumlah cacing yang lebih banyak memberikan efek yang baik bagi penurunan TPH dan semakin banyak komposisi vermikompos dibandingkan tanah tercemar semakin tinggi efisiensi penyisihan TPH yang terjadi.

Hasil penelitian ini lebih baik dibandingkan [26] yang menggunakan kompos pupuk kandang untuk melakukan bioremediasi tanah tercemar *crude oil*. Penyisihan TPH tertinggi yang didapatkan 41,09% selama pengamatan 28 hari. Hasil ini menunjukkan bahwa peranan bakteri pendegradasi bekerja dengan baik dalam mendekomposisi TPH

yang mencemari tanah. Penelitian lain menggunakan cacing spesies *Eudrillus euginae* dan *Lumbricus terrestris* [27]. Hasil penelitian menunjukkan aktivitas *Eudrillus euginae* bisa menurunkan TPH sebesar 88,50%, *Lumbricus terrestris* menurunkan TPH sebesar 76,42%, dan jika kedua cacing digabungkan malah menyebabkan efisiensi penurunan TPH berkurang menjadi 73,06% terhadap tanah yang terkontaminasi dengan minyak mentah 3 ml setelah 30 hari. Hasil ini sejalan dengan penelitian ini yang menunjukkan peranan cacing yang mampu meningkatkan penyisihan TPH pada tanah tercemar minyak bumi.

4. KESIMPULAN

Teknik bioremediasi dengan komposting bisa digunakan untuk menyisihkan senyawa hidrokarbon yang mencemari tanah. Penambahan vermikompos dan cacing tanah dapat memberikan pengaruh positif pada proses bioremediasi, dimana vermikompos berperan sebagai *bulking agent* dan sumber nutrisi bagi mikroba dan cacing tanah selama proses bioremediasi. Komposisi campuran yang terbaik dalam penelitian ini didapatkan pada perbandingan tanah tercemar dengan vermikompos 1:2 (b/b) dengan penambahan 25 ekor cacing *Lumbricus rubellus* yang mampu menurunkan kadar TPH sebanyak 89,63%. Dari semua variasi yang dilakukan kadar akhir TPH yang didapat sudah < 1% yang berarti memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 128 Tahun 2003. Penambahan vermikompos pada tanah tercemar dapat meningkatkan porositas tanah sehingga transfer oksigen untuk kelangsungan hidup cacing tanah dan mikroba pendegradasi selama proses bioremediasi menjadi lebih baik. Kondisi demikian menyebabkan tingkat degradasi TPH juga meningkat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sihombing, B. F, "Implementation of Mining Exploration Activities and the Implication on Bioremediation Case in Rokan Riau Block in Legal Perspectives," *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8(9), 12–16, 2019.
- [2] Sugianto, D, "Limbah Chevron di Blok Rokan Paling Banyak Cemari RI," *Detik Finance*, 1–5. <https://finance.detik.com>, 2019.
- [3] Hatta, M. I., Emrizal, M. T., dan Anita, S, "Karakterisasi dan Penentuan Kematangan Minyak Mentah (Crude Oil Langgak , Riau)," *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 227–231, 2013.
- [4] Nugroho, A, "Biodegradasi Sludge Minyak Bumi dalam Skala Mikrokosmos: Simulasi Sederhana sebagai Kajian Awal Bioremediasi Land Treatment" *Makara*, 10(2), 82–89. <https://doi.org/10.7454/mst.v10i2.427>, 2006.
- [5] Handrianto, P, "Mikroorganisme Pendegradasi TPH (Total Petroleum Hydrocarbon) Sebagai Agen Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi (Review Article)," *Jurnal Sains Health*, 2(2), 35–42. Retrieved from <https://e-journal.umaha.ac.id/index.php/sainhealth/article/view/287>, 2018.

- [6] Sprocati, A. R., Alisi, C., Tasso, F., Marconi, P., Sciullo, A., Pinto, V., ... Cremisini, C., "Effectiveness of a microbial formula, as a bioaugmentation agent, tailored for bioremediation of diesel oil and heavy metal co-contaminated soil," *Process Biochemistry*, 47(11), 1649–1655. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2011.10.001>, 2012.
- [7] Zam, S. I., "Bioremediasi Tanah yang Tercemar Limbah Pengilangan Minyak Bumi Secara In Vitro pada Konsentrasi pH Berbeda," *Jurnal Agroteknologi*, 1(2), 1-8, 2011.
- [8] Charlena, C., Mas'ud, Z. A., Anas, I., Setiadi, Y., & Yani, M., "Produksi Gas Karbon Dioksida Selama Proses Bioremediasi Limbah Heavy Oil dengan Teknik Landfarming," *Chemistry Progress*, 3(1), 1-5, 2019. <https://doi.org/10.35799/cp.3.1.2010.66>
- [9] Yudono, B., & Estuningsih, S. P., "Kinetika Degradasi Limbah Minyak Bumi menggunakan Sinergi Bakteri Konsorsium (*Micrococcus* sp, *Pseudomonas pseudomallei*, *Pseudomonas pseudoalcaligenes* dan *Bacillus* sp) dan Rumput Eleusine Indica (L.) Gaertn," *Prosiding Semirata*, 2013. <https://jurnal.fmipa.unila.ac.id/semirata/article/view/790>
- [10] Megharaj, M., Venkateswarlu, K., dan Naidu, R., "Bioremediation," *Encyclopedia of Toxicology: Third Edition*, 1, 485–489. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.01001-0>, 2014.
- [11] Bhat, S. A., Singh, J., dan Vig, A. P., "Instrumental Characterization of Organic Wastes for Evaluation of Vermicompost Maturity" *Journal of Analytical Science and Technology*, 8(2), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40543-017-0112-2>, 2017.
- [12] Setyoningrum, H. M., Hadisusanto, S., dan Yuniarto, T., "Kandungan Kadmium (Cd) pada Tanah dan Cacing Tanah di TPAS Piyungan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta (Cadmium (Cd) Content in Soil and Earthworms in Piyungan Controlled Landfill Municipal Waste Disposal, Bantul Yogyakarta Special District)," *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 21(2), 149–155, 2014.
- [13] Hickman, Z. A., dan Reid, B. J., "Earthworm Assisted Bioremediation of Organic Contaminants," *Environment International*, 34, 1072–1081. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.02.013>, 2008.
- [14] Schaefer, M., dan Juliane, F., "The Influence of Earthworms and Organic Additives on the Biodegradation of Oil Contaminated Soil," *Applied Soil Ecology*, 36, 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2006.11.002>, 2007.
- [15] Chachina, S. B., Voronkova, N. A., dan Baklanova, O. N., "Biological Remediation of the Engine Lubricant Oil-Contaminated Soil with Three Kinds of Earthworms, *Eisenia Fetida*, *Eisenia Andrei*, *Dendrobena Veneta*, and a Mixture of Microorganisms," *Procedia Engineering*, 113, 113–123. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.07.302>, 2015.

- [16] Tanama, A., Nurwidodo, dan Rahardjanto, A, "Pengaruh Keberadaan Lumbricus rubellus (Hoffmeister) terhadap Kandungan Logam Timbal di Tanah TPA Supit Urang Malang," *Prosiding Seminar Nasional III Tahun 2017*, 283–286. [Http://research-report.umm.ac.id/index.php/286](http://research-report.umm.ac.id/index.php/286), 2017.
- [17] Firmansyah, M. A., Suparman, Harmini, Wigena, I. G. P., dan Subowo, "Karakterisasi Populasi dan Potensi Cacing Tanah untuk Pakan Ternak dari Tepi Sungai Kahayan dan Barito," *Berita Biologi*, 13(3), 333–342, 2014.
- [18] Muda, A, "Model Pendekatan Alat Uji Kepadatan Ringan untuk Tanah di Laboratorium," *Info Teknik*, 17(1), 53–68, 2016.
- [19] Palungkun, R, "Usaha Ternak Cacing Tanah Lumbricus Rubellus," Retrieved, 2010.
- [20] Hardiyatmo, H. C, "Mekanika Tanah 1 (Edisi Ketiga)," Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2002.
- [21] Juliani, A., dan Rahman, F, "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>, 2011.
- [22] Jansirani, D., Nivethitha, S., & Singh, M. V. P, "Production and utilization of vermicast using organic wastes and its impact on *Trigonella foenum* and *Phaseolus aureus*," *International Journal of Research in Biological Sciences*, 2(4), 187–189, 2012.
- [23] Singh, R., Ahirwar, N. K., Tiwari, J., & Pathak, J, "Review on Sources and Effect of Heavy Metal in Soil: Its Bioremediation," *International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences*, 2018, 1–22, 2018.
- [24] Gaddie RE, Douglas DE, "Earthworm for Ecology and Profit, Volume I: Scientific Earthworm Farming," California: Bookworm Publishing Co, 1975.
- [25] Aliyanta, B., Sumarlin, L. O., dan Mujaab, A. S, "Penggunaan Biokompos dalam Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Minyak Bumi," *Valensi*, 2(3), 430–442. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i3.114>, 2011.
- [26] Wulandani, Y. O, "Bioremediasi Tanah Tercemar Crude Oil dengan Penambahan Kompos," *Tugas Akhir UII Yogyakarta*, 2016.
- [27] Njoku, C., Agwu, J. O., Uguru, B. N., Igwe, T. S., Ngene, P. N., Igwe, O. F., & Obijanya, C. C, "Soil Chemical Properties and Yield of Cucumber as Affected by Rice Husk Dust, Biochar and Woodash Applications in Abakaliki, Southeastern Nigeria," *IOSR Journal of Applied Chemistry*, 10(7), 61–66, 2017.