

Pemanfaatan Kompos Berbahan Baku Limbah Baglog dan Kulit Nanas Pada Bioremediasi Tanah Tercemar Limbah Oli

Utilization of Baglog Waste and Pineapple Peel Compost in Bioremediation of Oil Waste Contaminated Soil

Ayu Dita Pramesti*, Herlina Fitrihidajati

Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: ayudita.18034@mhs.unesa.ac.id

Abstrak. Limbah oli mengandung campuran hidrokarbon yang beracun, karsinogenik, dan apabila dilepaskan ke lingkungan akan menurunkan kualitas tanah dan berbahaya bagi makhluk hidup di sekitarnya. Untuk mengurangi bahaya limbah oli perlu dilakukan bioremediasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas kompos berbahan limbah baglog dan kulit nanas, pengaruh penambahan kompos terhadap penurunan kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) serta jenis dan konsentrasi kompos yang optimal dalam menurunkan kadar TPH. Jenis penelitian ini eksperimental menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor perlakuan yaitu jenis kompos meliputi limbah baglog, kulit nanas, dan kombinasinya serta konsentrasi kompos sebesar 20%, 40%, dan 60% dengan lima kali pengulangan sehingga terdapat 45 sampel. Data hasil uji kualitas kompos dianalisis secara deskriptif kuantitatif berdasarkan kriteria kualitas kompos sedangkan data hasil degradasi TPH dianalisis menggunakan ANOVA dua arah dan dilanjutkan dengan uji Duncan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas kompos terbaik adalah kompos kulit nanas yang mengandung C 0,21%, N 1,57%, dan rasio C/N 0,135. Penambahan kompos limbah baglog dan kulit nanas berpengaruh dalam menurunkan kadar TPH; kompos kulit nanas pada konsentrasi 60% adalah kompos yang optimal dalam menurunkan kadar TPH sebesar 70,67%.

Kata kunci: limbah oli; bioremediasi; limbah baglog; kulit nanas; kadar TPH.

Abstract. Oil waste contains a mixture of hydrocarbons that are toxic and carcinogenic if released into the environment will degrade soil quality and be harmful to living things. Bioremediation is necessary to reduce the danger of waste oil. This study aims to determine the quality of compost made from baglog waste and pineapple peel, the effect of adding compost to decrease Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) levels, optimal type, and concentration of compost in reducing TPH levels. This type of research was experimental using a randomized block design (RBD) with two treatment factors; the kind of compost including baglog waste, pineapple peel, and their combination, and the compost concentration of 20%, 40%, and 60% with five repetitions, there were 45 samples. Compost quality data were analyzed quantitatively based on compost quality criteria, while TPH degradation data were analyzed using two-way ANOVA and continued with Duncan's test. The results showed best compost was pineapple peel compost containing 0.21% C, 1.57% N, and 0.135 C/N ratios. The addition of baglog waste compost and pineapple peel affects reducing TPH levels; pineapple peel compost at a concentration of 60% is the optimal compost for reducing TPH levels by 70.67%.

Keyword: oil waste; bioremediation; baglog waste; pineapple peel; TPH levels.

PENDAHULUAN

Oli merupakan minyak pelumas mesin yang berfungsi untuk melindungi pembakaran internal pada mesin (Ramadass *et al.*, 2015). Di Indonesia konsumsi oli semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan masyarakat akan kendaraan bermotor. Menurut data Badan Pusat Statistik tahun 2020, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2020 mencapai 136.137.451 unit yang didominasi oleh sepeda motor sebanyak 115.023.039 unit. Akibatnya jumlah limbah oli bekas akan semakin meningkat ditambah dengan banyaknya bengkel otomotif yang menyarankan rentang waktu penggantian oli sesuai merek oli kepada pelanggan yang menyebabkan banyak oli mesin yang terbuang percuma walaupun masih dalam kondisi baik (Heredia-Cancino *et al.*, 2020). Limbah oli mengandung sejumlah kecil bensin atau solar, senyawa aditif, nitrogen, belerang, serta berbagai hidrokarbon aromatik dan alifatik. Limbah oli ini dapat bertahan sampai enam tahun apabila dilepaskan ke

lingkungan dalam jumlah besar dapat mengakibatkan pencemaran pada lingkungan baik lingkungan terestrial ataupun perairan (Ramadass *et al.*, 2015).

Hidrokarbon yang dilepaskan ke lingkungan merupakan campuran yang terdiri dari n-alkana, alkana bercabang, siklo-alkana, dan hidrokarbon poliaromatik (PAH) (Truskewycz *et al.*, 2019). Hidrokarbon pada dasarnya memiliki manfaat yang serbaguna, namun hidrokarbon akan menjadi polutan ketika dilepaskan ke lingkungan. Hidrokarbon tidak mudah terurai dan menyebabkan masalah serius bagi ekologi lingkungan. Hidrokarbon juga sangat beracun, karsinogenik, serta memancarkan bau menyengat yang beresiko bagi kesehatan masyarakat (Onouha *et al.*, 2020). Hidrokarbon yang mencemari tanah dapat mempengaruhi sifat fisik tanah meliputi tekstur tanah, pemadatan, status struktural, ketahanan penetrasi, konduktivitas hidrolik, dan sifat kimia tanah seperti konsentrasi serta kandungan mineral dan logam berat (Hreniuc *et al.*, 2015). Selain itu, hidrokarbon dapat menghambat pertumbuhan tanaman dengan menghalangi absorpsi air dan garam mineral. Hal ini akan berpengaruh pada metabolisme tanaman sehingga menyebabkan ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit menjadi menurun (Ossai *et al.*, 2020). Upaya yang dapat dilakukan untuk mengurangi efek yang ditimbulkan dari pencemaran hidrokarbon ini yaitu melalui bioremediasi.

Bioremediasi merupakan suatu alternatif perbaikan atau rehabilitasi lingkungan yang tercemar secara fisik dan kimia yang ramah lingkungan serta hemat biaya. Teknologi yang digunakan dalam bioremediasi yaitu menggunakan mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk memanfaatkan senyawa beracun yaitu hidrokarbon sebagai sumber energi (Farber *et al.*, 2019). Bioremediasi telah menunjukkan keberhasilan dalam mengurangi jumlah hidrokarbon minyak bumi dan kontaminan organik menjadi zat yang lebih sederhana dengan tanpa menimbulkan efek buruk jangka panjang pada lingkungan yang tercemar (Lim *et al.*, 2016). Prinsip utama dari bioremediasi adalah mendegradasi dan mengubah polutan seperti hidrokarbon, minyak, logam berat, pestisida, pewarna dan jenis polutan lainnya ke bentuk lain yang dapat digunakan. Perubahan polutan ke bentuk lain ini dilakukan secara enzimatik melalui metabolisme oleh mikroorganisme (Abatenh *et al.*, 2017). Jumlah nutrisi yang diperlukan seperti nitrogen, karbon, dan oksigen pada tanah terkontaminasi masih sesuai untuk pertumbuhan mikroba, namun dapat pula ditambahkan nutrisi yang juga berfungsi sebagai donor elektron untuk merangsang bioremediasi (Adams *et al.*, 2015). Bioremediasi dapat dilakukan dengan berbagai macam metode, salah satunya yaitu bioremediasi dengan metode pengomposan atau *composting*. Pada metode pengomposan ini, dilakukan penambahan nutrisi dan bahan penggembur dalam bentuk sampah organik untuk meningkatkan kinerja mikroba dalam bioremediasi (Prakash *et al.*, 2015).

Pemanfaatan sampah organik dalam proses bioremediasi akan berdampak baik yaitu berkurangnya pencemaran lingkungan akibat sampah organik yang tidak didaur ulang atau dimanfaatkan kembali. Salah satu sampah organik yang jarang sekali dimanfaatkan oleh masyarakat yaitu limbah media jamur atau disebut baglog. Limbah baglog diketahui mengandung kadar air 40,07%; C organik 14,38%; C/N rasio 19,43; N 0,74%; P 0,50%; K 8,08%; Ca 6,38%; Mg 0,22%; dan Al 0,0017% (Jumar *et al.*, 2021). Berdasarkan kandungan nutrisi tersebut limbah baglog berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik melalui teknologi kompos dan mampu meningkatkan kesuburan tanah (Sunarya *et al.*, 2020). Kandungan hara berupa nitrogen, fosfor, dan karbon sangat dibutuhkan oleh mikroba sebagai sumber nutrisi dan energi untuk proses metabolisme mikroba yang berguna dalam proses degradasi TPH (Hanifah *et al.*, 2018). Pemanfaatan limbah baglog dalam bioremediasi telah dilakukan oleh Abioye *et al.* (2012) dimana pada tanah yang dicemari dengan 15% minyak terjadi penurunan kadar hidrokarbon sebesar 35%.

Sampah organik selain limbah baglog yang seringkali ditemukan yaitu kulit buah yang dibuang begitu saja, salah satunya yaitu nanas. Nanas merupakan jenis buah yang dibudidayakan secara besar-besaran di daerah tropis dan subtropis. Namun, pengolahannya di industri manufaktur makanan akan menghasilkan banyak limbah seperti kulit, batang, dan daun yang tidak dimanfaatkan (Otieno *et al.*, 2021). Berdasarkan hasil penelitian Hartono (2012) diketahui bahwa pada kulit nanas mengandung 45,25 % C-Organik dan 1,57% N-Total yang dapat digunakan sebagai pupuk organik (Yosephine *et al.*, 2012). Pemanfaatan kulit nanas dalam bioremediasi tanah tercemar oli telah dilakukan oleh Nwinyi & Olawore (2017) dimana kombinasi dari kulit nanas dan kentang mampu meningkatkan jumlah *Total Heterotrophic Bacteri* (THB) dan *Total Hydrocarbon-Degrading Bacteria* (THDB). Selain itu, pada tanah yang telah ditambahkan dengan kulit nanas dan kentang ditemukan spesies bakteri yang sebagian besar tergolong ke dalam jenis bakteri pendegradasi hidrokarbon seperti *Pseudomonas* dan *Bacillus* yang menghasilkan biosurfaktan untuk membantu meningkatkan metabolismenya dalam memanfaatkan sumber karbon dari hidrokarbon.

Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan menggunakan kompos berbahan limbah baglog dan kulit nanas dalam proses bioremediasi tanah tercemar limbah oli. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui 1) kualitas kompos berbahan limbah baglog dan kulit nanas, 2) pengaruh penambahan kompos berbahan limbah baglog dan kulit nanas terhadap penurunan kadar TPH, dan 3) jenis dan konsentrasi kompos yang optimal dalam menurunkan kadar TPH pada proses bioremediasi tanah tercemar limbah oli.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini bersifat eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor perlakuan yaitu jenis kompos meliputi limbah baglog, kulit nanas, dan kombinasi keduanya serta konsentrasi kompos yaitu 20%, 40%, dan 60% dengan lima kali pengulangan sehingga terdapat 45 unit eksperimen. Metode RAK ini dilakukan karena kondisi lingkungan yang heterogen yaitu sinar matahari tidak merata. Penelitian ini dilakukan selama 3 bulan yaitu pada bulan Januari-Maret 2022. Pembuatan kompos dan proses bioremediasi dilaksanakan di *Green House* Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya. Analisis kadar TPH dilakukan di Laboratorium Fisiologi, Gedung C10 Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya. Analisis kadar unsur hara C, N, dan rasio C/N kompos dilakukan di Laboratorium Gizi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga. Parameter penelitian yang diukur meliputi: 1) unsur hara kompos berbahan limbah baglog dan kulit nanas, 2) penurunan kadar TPH, serta 3) jenis dan konsentrasi kompos yang optimal dalam menurunkan kadar TPH.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi keranjang takakura, *polybag* ukuran 20x20 cm, cetok, timbangan, gelas beaker 250 ml, erlenmeyer 250 ml, gelas ukur 25 ml, corong, pengaduk, dan *hotplate*. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi tanah kebun, limbah oli, limbah baglog, kulit nanas, EM-4, molase, air, larutan n-heksana, dan kertas saring.

Prosedur penelitian ini dilaksanakan dalam tiga tahap meliputi tahap pembuatan kompos, tahap bioremediasi, dan tahap analisis kadar TPH. Tahap pembuatan kompos dilakukan dengan menggunakan metode takakura dengan menyiapkan tiga keranjang takakura yang telah dilapisi kardus dan diberi bantal sekam. Masing-masing keranjang diisi dengan bahan yang berbeda yaitu keranjang A berisi 1,5 kg limbah baglog, keranjang B berisi 1,5 kg kulit nanas, dan keranjang C berisi 1 kg kulit nanas ditambah 500 gram limbah baglog. Bahan untuk kompos dicampur dengan EM-4 dan molase, kemudian diaduk rata dan ditutup kembali menggunakan bantal sekam. Proses pembuatan kompos dilakukan selama 14 hari, setelah pupuk matang selanjutnya dilakukan uji kualitas kompos dengan mengukur kadar unsur hara C, N, dan rasio C/N. Hasil uji kualitas kompos kemudian dianalisis dan dibandingkan dengan kriteria kualitas kompos menurut Hardjowigeno (2003).

Tahap bioremediasi, tanah sebanyak 500 gram dimasukkan ke *polybag* selanjutnya dicampur dengan limbah oli sebanyak 100 ml dan dibiarkan selama 7 hari untuk proses pencemaran tanah. Selanjutnya dilakukan pengukuran kadar TPH awal. Kemudian dilakukan proses bioremediasi dengan mencampurkan masing-masing jenis pupuk ke tanah yang telah tercemar oli dengan konsentrasi 20%, 40%, dan 60% sesuai perlakuan proses bioremediasi selama 30 hari. Tahap analisis TPH, pengukuran kadar TPH akhir setelah perlakuan dilakukan dengan metode gravimetri. Setiap sampel diambil sebanyak 10 gram selanjutnya dilarutkan dengan 25 ml larutan n-heksana dan disaring untuk diambil filtratnya (Pratama and Handayani, 2017). Filtrat selanjutnya dimasukkan ke gelas beaker yang telah ditimbang sebelumnya sehingga diperoleh berat awal. Filtrat kemudian dipanaskan pada *hotplate* dengan suhu 70°C sampai pelarut n-heksana menguap dan ditimbang untuk memperoleh berat akhir.

Kadar TPH dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Hendrasarie, 2011):

$$\% \text{TPH} = \frac{B-A}{\text{Berat Sampel}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

%TPH = kadar TPH

A = berat vial awal (gram)

B = berat vial akhir (gram)

Untuk mengetahui seberapa banyak degradasi kadar TPH dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{Degradasi TPH} = \frac{(TPH_0 - TPH_n)}{(TPH_0)} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

%Degradasi TPH = total degradasi TPH

TPH⁰ = kadar TPH hari ke-0

TPHⁿ = kadar TPH hari ke-n

Data kadar TPH akhir dan persentase penurunan kadar TPH ditabulasikan ke dalam tabel untuk dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Data selanjutnya akan dianalisis menggunakan analisis varian dua arah (ANOVA dua arah) dan dilanjutkan dengan uji Duncan apabila terdapat pengaruh yang signifikan.

HASIL

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh data meliputi hasil uji kualitas kompos berupa kadar unsur hara C, N, dan rasio C/N; data pengukuran kadar TPH awal dan akhir; serta data persentase penurunan kadar TPH. Berikut data hasil uji kualitas kompos berbahan baku limbah baglog dan kulit nanas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji kadar unsur hara C, N, dan rasio C/N pada kompos berbahan baku limbah baglog, kulit nanas dan kombinasinya

Jenis Kompos	C		N		C/N	
	Kadar (%)	Keterangan*	Kadar (%)	Keterangan*	Kadar	Keterangan*
Limbah Baglog	0,18	Rendah	1,48	Tinggi	0,122	Rendah
Kulit Nanas	0,21	Rendah	1,57	Tinggi	0,135	Rendah
Kombinasi	0,19	Rendah	1,62	Tinggi	0,118	Rendah

Keterangan: *) Berdasarkan kriteria kualitas kompos menurut Hardjowigeno (2003)

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar unsur C, N, dan rasio C/N pada setiap jenis kompos berbeda. Kompos berbahan limbah baglog mengandung 0,18% C; 1,48% N; dan rasio C/N 0,122. Kompos berbahan baku kulit nanas mengandung 0,21% C; 1,57% N; dan rasio C/N 0,135. Pupuk kombinasi limbah baglog dan kulit nanas mengandung 0,18% C; 1,48% N; dan rasio C/N 0,122. Berdasarkan kriteria kualitas kompos menurut Hardjowigeno (2003) diketahui bahwa kadar unsur hara C pada ketiga jenis kompos tergolong rendah karena <4%; unsur hara N pada ketiga jenis kompos tergolong tinggi karena >0,75%; dan rasio C/N pada ketiga jenis kompos tergolong rendah karena berkisar 0-5%.

Hasil pengukuran rata-rata kadar TPH akhir pada tanah yang tercemar limbah oli setelah proses bioremediasi dengan penambahan kompos berbahan baku limbah baglog dan kulit nanas dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata kadar TPH akhir setelah bioremediasi dengan penambahan kompos berbahan limbah baglog dan kulit nanas

Jenis Kompos	Kadar TPH Awal (%)	Kadar TPH Akhir (%)		
		K ₁ (20%)	K ₂ (40%)	K ₃ (60%)
Limbah Baglog	33	15,16±0,23	14,30±0,31	13,34±0,16
Kulit Nanas	Ket: >15%, melebihi ambang batas (Kepmen LH 128/2003)	11,60±0,35	10,62±0,16	9,68±0,23
Kombinasi		13,78±0,13	12,38±0,14	11,40±0,37

Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata kadar TPH akhir setelah perlakuan bioremediasi dengan rata-rata kadar TPH akhir yang berbanding terbalik dengan konsentrasi, dimana semakin besar konsentrasi kompos yang diberikan maka rata-rata kadar TPH akhir akan semakin kecil. Perlakuan bioremediasi menggunakan kompos limbah baglog dari konsentrasi 20%, 40%, dan 60% memiliki rata-rata kadar TPH akhir sebesar 15,16%; 14,30%; dan 13,34%. Perlakuan menggunakan kompos kulit nanas dari konsentrasi 20%, 40%, dan 60% memiliki rata-rata kadar TPH akhir sebesar 11,60%; 10,62%; dan 9,68%. Perlakuan menggunakan kompos kombinasi limbah baglog dan kulit nanas dari konsentrasi 20%, 40%, dan 60% memiliki rata-rata kadar TPH akhir sebesar 13,78%; 12,38%; dan 11,40%. Dari ketiga jenis kompos, rata-rata kadar TPH akhir paling besar terdapat pada perlakuan

kompos limbah baglog dengan konsentrasi 20% sebesar 15,16% sedangkan rata-rata kadar TPH paling kecil terdapat pada perlakuan kompos kulit nanas dengan konsentrasi 60% sebesar 9,68%.

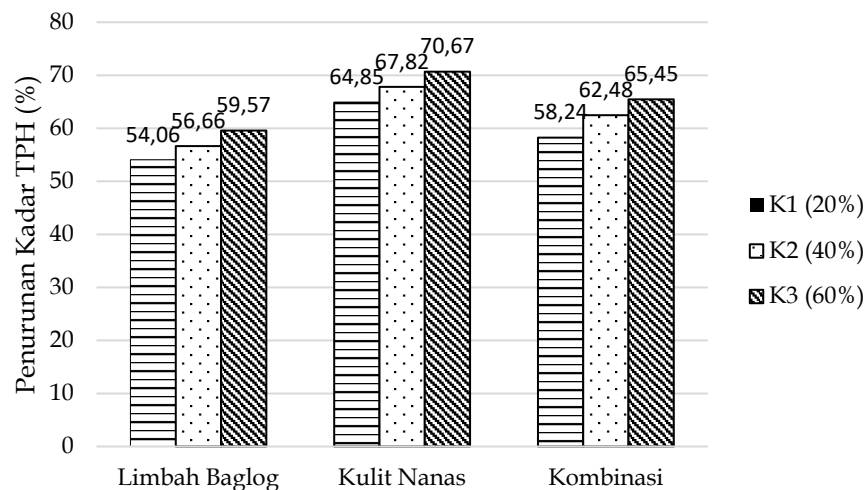
Hasil rata-rata persentase penurunan kadar TPH pada tanah yang tercemar limbah oli setelah proses bioremediasi dengan penambahan kompos berbahan baku limbah baglog dan kulit nanas, dan asil analisis secara statistik menggunakan ANOVA dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penurunan kadar *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) setelah bioremediasi dengan penambahan kompos berbahan limbah baglog dan kulit nanas

Jenis Kompos	Rata-rata Penurunan Kadar TPH		
	K ₁ (20%)	K ₂ (40%)	K ₃ (60%)
Limbah Baglog	54,06±0,70 ^{aA}	56,66±0,95 ^{aB}	59,57±0,50 ^{aC}
Kulit Nanas	64,85±1,07 ^{cA}	67,82±0,49 ^{cB}	70,67±0,72 ^{cC}
Kombinasi	58,24±0,39 ^{bA}	62,48±0,44 ^{bB}	65,45±1,13 ^{bC}

Keterangan: Angka yang diikuti dengan notasi berbeda menunjukkan adanya beda nyata antar perlakuan berdasarkan uji Duncan pada taraf uji 5%. Huruf kecil menunjukkan beda nyata antar jenis kompos dibaca vertikal (kolom), dan huruf kapital menunjukkan beda nyata antar konsentrasi dibaca horizontal (baris).

Tabel 3 menunjukkan bahwa penurunan kadar TPH berbanding lurus dengan konsentrasi kompos yang ditambahkan, di mana semakin besar konsentrasi kompos yang diberikan maka penurunan kadar TPH juga semakin besar. Pada perlakuan menggunakan kompos limbah baglog konsentrasi 20%, 40%, dan 60%, kadar TPH mengalami penurunan sebesar 54,06%; 56,66%; dan 59,57% (Gambar 1). Perlakuan menggunakan kompos kulit nanas konsentrasi 20%, 40%, dan 60% mengalami penurunan kadar TPH sebesar 64,85%; 67,82%; dan 70,67%. Perlakuan menggunakan kompos kombinasi limbah baglog dan kulit nanas konsentrasi 20%, 40%, dan 60% mengalami penurunan kadar TPH sebesar 58,42%; 62,48%; dan 65,45%. Dari ketiga perlakuan yang memiliki rata-rata penurunan kadar TPH paling besar terdapat pada perlakuan kompos kulit nanas dengan konsentrasi 60% yaitu sebesar 70,67% sedangkan yang memiliki penurunan kadar TPH paling kecil terdapat pada perlakuan kompos limbah baglog dengan konsentrasi 20% yaitu sebesar 54,06%.



Gambar 1. Diagram rata-rata penurunan kadar TPH (%) setelah bioremediasi menggunakan kompos limbah baglog dan kulit nanas

PEMBAHASAN

Hasil penelitian kualitas kompos berbahan baku limbah baglog, kulit nanas, dan kombinasi keduanya menunjukkan bahwa jenis kompos yang memiliki kualitas terbaik yaitu kompos berbahan baku kulit nanas. Kompos berbahan baku kulit nanas memiliki kandungan unsur hara C sebesar 0,21%; unsur hara N sebesar 1,57%; dan rasio C/N sebesar 0,135. Berdasarkan kriteria kualitas kompos menurut Hardjowigeno (2003) diketahui bahwa kadar unsur hara C pada kompos berbahan baku kulit nanas masih tergolong rendah karena kurang dari 4%; sedangkan untuk kadar unsur N tergolong tinggi karena lebih dari 0,75%; untuk rasio C/N juga tergolong rendah karena berkisar antara 0-5%. Kulit

nanas mengandung berbagai nutrisi yang menjadikan kompos kulit nanas memiliki kualitas yang baik diantaranya yaitu 45,25 % C-Organik dan 1,57% N-Total (Yosephine *et al.*, 2012). Selain memiliki kandungan hara, pada kulit nanas juga terdapat enzim bromelin. Enzim bromelin ini dapat berfungsi sebagai biokatalisator untuk setiap reaksi di dalam sel hidup, sehingga bakteri akan bekerja lebih optimal (Supianor *et al.*, 2018). Hal ini juga menyebabkan aktivitas bakteri dalam proses pengomposan menjadi lebih optimal, sehingga kompos kulit nanas dapat terfermentasi dan matang dengan baik.

Penambahan kompos limbah baglog dan kulit nanas dalam proses bioremediasi ini berfungsi sebagai salah satu penyumbang nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroorganisme. Nutrisi merupakan hal paling penting dalam kehidupan mikroorganisme yang memungkinkannya untuk menyediakan kebutuhan dasar misalnya energi, biomassa sel, dan enzim yang sangat berguna dalam proses degradasi polutan (Naik & Duraphe, 2012). Menurut Thapa *et al.*, (2012) mikroorganisme pada dasarnya mampu untuk tumbuh dan berkembang pada lingkungan yang terkontaminasi, namun tidak serta merta ada dalam jumlah yang sesuai untuk melakukan proses bioremediasi. Untuk itu mikroorganisme perlu dirangsang pertumbuhan dan perkembangannya melalui penambahan nutrisi. Nutrisi berupa nitrogen, fosfor, dan zat besi ini berperan penting bagi mikroorganisme dalam mendegradasi TPH. Menurut Fatima *et al* (2017) pada dasarnya nutrisi yang ada di dalam tanah sudah sesuai jumlahnya, namun dengan konsentrasi polutan yang tinggi hal ini justru akan menjadi faktor pembatas dan mempengaruhi proses biodegradasi. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penambahan sumber nutrisi secara eksogen yaitu berupa kompos yang berfungsi untuk meningkatkan kualitas tanah serta mendorong aktivitas dan pertumbuhan mikroba yang mampu mendegradasi hidrokarbon (Ros *et al.*, 2014).

Selain sebagai penyumbang nutrisi berupa unsur hara bagi mikroorganisme, kompos juga dapat berfungsi untuk meningkatkan kualitas tanah dan memperbaiki struktur tanah. Menurut Agegnehu *et al* (2015) tanah yang dipupuk dengan menggunakan kompos akan memiliki kandungan bahan organik tanah (*Soil Organic Matter/SOM*) dan mikroorganisme tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang diperkaya dengan mineral, fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg). Penambahan kompos pada tanah secara signifikan mampu memperbaiki kualitas tanah dengan menurunkan nilai kepadatan tanah (*Soil Bulk Density*) dan meningkatkan stabilitas agregat tanah (D'Hose *et al.*, 2014). Kompos juga menjadikan pertukaran udara dan pasokan air pada tanah menjadi lebih baik, serta menyebabkan porositas tanah menjadi tinggi (Agegnehu *et al.*, 2015). Adanya perbaikan kualitas dan struktur tanah melalui penambahan kompos ini tentunya juga akan berpengaruh pada aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi TPH.

Hasil pengukuran kadar TPH setelah penambahan kompos berbahan baku limbah baglog dan kulit nanas menunjukkan adanya penurunan kadar TPH. Hal ini merupakan indikasi keberhasilan proses bioremediasi pada tanah tercemar limbah oli tersebut. Penurunan kadar TPH ini terjadi akibat adanya degradasi hidrokarbon oleh mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon. Mikroorganisme yang menggunakan karbon sebagai sumber energinya disebut mikroorganisme hidrokarbonoklastik. Mikroorganisme hidrokarbonoklastik ini meliputi berbagai macam jenis bakteri, archaea, dan jamur (Prenafeta-Boldú *et al.*, 2019). Menurut Varjani & Gnansounou (2017) kelimpahan dan kuantitas bakteri pendegradasi hidrokarbon ini terkait erat dengan jenis hidrokarbon dan faktor lingkungan disekitarnya. Hidrokarbon ini terdegradasi akibat dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk pembentukan energi, pertumbuhan, dan reproduksi. Selain itu, hal ini juga dilakukan mikroorganisme tersebut sebagai syarat untuk mengurangi stres fisiologis yang diakibatkan oleh adanya hidrokarbon di lingkungan mikroorganisme tersebut (Xu *et al.*, 2018).

Bakteri dari tanah yang telah terkontaminasi hidrokarbon akan mensintesis senyawa biomolekul yang disebut biosurfaktan sehingga memungkinkannya untuk memanfaatkan hidrokarbon ini sebagai sumber karbon dan energi (Yalaoui-Guellal *et al.*, 2020). Biosurfaktan merupakan molekul amfifilik yang terdiri atas gugus hidrofobik dan hidrofilik. Biosurfaktan ini berfungsi untuk mengurangi tegangan permukaan dan menyebabkan peningkatan kelarutan, fluiditas, bioavailabilitas, dan efisiensi biodegradasi senyawa yang tidak larut (Wu *et al.*, 2019). Selain itu, menurut Antoniou *et al* (2015) biosurfaktan yang diproduksi oleh mikroba ini lebih tidak beracun dan *biodegradable*, sehingga baik untuk digunakan dalam bioremediasi lingkungan yang tercemar hidrokarbon. Oleh karena itu, sejumlah senyawa hidrokarbon dalam tanah berkurang merupakan efek dari aktivitas mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon.

Proses bioremediasi dipengaruhi oleh beberapa faktor meliputi suhu, nutrisi, konsentrasi dan komposisi polutan serta metabolisme mikroorganisme. Suhu lingkungan secara tidak langsung akan mempengaruhi pertumbuhan dan metabolisme bakteri, serta matriks tanah (Abed *et al.*, 2015). Nutrisi

yang diperlukan oleh bakteri meliputi karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, belerang, fosfor, dan berbagai elemen lain. Namun, hidrokarbon hanya mengandung dua komponen utama yaitu karbon dan hidrogen. Sehingga diperlukan tambahan unsur lain ke lingkungan untuk pertumbuhan bakteri (Ron & Rosenberg, 2014). Konsentrasi dan komposisi polutan ini sangat berkaitan erat dengan metabolisme mikroorganisme pendegradasi hidrokarbon. Tingkat konsentrasi hidrokarbon yang terlampaui tinggi akan menghambat pertumbuhan bakteri, sehingga efisiensi degradasi hidrokarbon akan menurun bahkan dapat terjadi kematian pada bakteri (Ma *et al.*, 2018).

Hasil penelitian untuk parameter penurunan kadar TPH menunjukkan bahwa jenis kompos dan konsentrasi yang optimal dalam menurunkan kadar TPH terdapat pada perlakuan kompos kulit nanas pada konsentrasi 60% yang mampu menurunkan kadar TPH mencapai 70,67%. Hal ini disebabkan oleh adanya sumbangan nutrisi berupa karbon (C) dan nitrogen (N) yang diperoleh dari kompos kulit nanas. Selain itu, pada pembuatan kompos kulit nanas terdapat bahan berupa *Effective Microorganism-4* (EM-4) yang merupakan kultur dari campuran mikroorganisme bermanfaat sehingga dapat meningkatkan keragaman mikroba tanah serta memperbaiki kualitas tanah (Yuniwati *et al.*, 2012). Adanya berbagai jenis mikroba tanah ini memungkinkan terbentuknya konsorsium mikroba yang akan bekerja sama dan saling melengkapi sehingga memiliki kemampuan lebih dalam mendegradasi suatu senyawa. Dalam proses degradasi hidrokarbon juga bergantung pada interaksi berbagai faktor meliputi adanya kehadiran jenis bakteri pendegradasi hidrokarbon yang lain, interaksi sintrofik dan mutualistik antara bakteri pendegradasi dan non-pendegradasi, serta proses biotransformasi melalui co-metabolisme (Dell'Anno *et al.*, 2012). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Patowary *et al* (2016) menunjukkan bahwa biosurfaktan yang dihasilkan oleh konsorsium mikroba memainkan peran yang sangat penting dalam degradasi hidrokarbon dengan menghasilkan hidrokarbon hidrofobik kompleks yang mudah diakses oleh mikroba untuk didegradasi melalui emulsifikasi.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui juga pengaruh perbedaan konsentrasi kompos yang digunakan terhadap penurunan kadar TPH, dimana konsentrasi 60% pada setiap jenis kompos mampu menurunkan kadar TPH lebih baik jika dibandingkan dengan konsentrasi 20% dan 40%. Dalam hal ini, kemungkinan konsentrasi kompos yang optimal dalam menurunkan kadar TPH yaitu terdapat pada konsentrasi kompos sebesar 60%. Apabila konsentrasi kompos yang diberikan lebih dari 60%, maka kemungkinan akan terjadi lonjakan populasi mikroba dan menyebabkan terjadinya kompetisi dalam memperebutkan unsur hara. Menurut Ghoul & Mitri (2016) dua hal utama yang diperlukan mikroba yaitu nutrisi dan ruang. Konsentrasi nutrisi jumlahnya bervariasi di dalam lingkungan, sehingga mikroba akan berkompetisi untuk memperebutkan nutrisi. Pada saat mikroba telah berkembang biak dan menghasilkan lebih banyak biomassa, maka mereka akan saling memperebutkan tempat yang mengandung nutrisi lebih banyak untuk mencukupi kebutuhannya. Hal ini mengakibatkan nutrisi yang dibutuhkan oleh mikroba semakin terbatas sehingga efisiensi mikroba dalam mendegradasi hidrokarbon juga akan berkurang.

Pada data hasil kadar TPH akhir terdapat beberapa perlakuan yang masih dalam kategori tinggi yaitu berkisar antara 10-15%. Hal ini disebabkan karena waktu yang diperlukan untuk proses bioremediasi masih kurang. Berdasarkan Kepmen Lingkungan Hidup No. 128 Tahun 2003 tentang tata cara dan persyaratan teknis pengolahan limbah minyak bumi dan tanah terkontaminasi oleh minyak bumi secara biologis, waktu yang dibutuhkan untuk bioremediasi bergantung pada jenis dan jumlah senyawa polutan, ukuran dan kedalaman area tercemar, jenis dan kondisi tanah, serta teknik yang digunakan. Pengolahan limbah dengan kadar maksimal 15% membutuhkan waktu 4 sampai 6 bulan, sedangkan kadar TPH awal pada penelitian ini mencapai 33% (>15%) sehingga membutuhkan waktu bioremediasi lebih lama untuk mendapatkan hasil yang optimal. Selain itu, menurut Chen *et al* (2015) diperlukan waktu yang lebih lama untuk mensintesis enzim pendegradasi hidrokarbon. Meskipun pada beberapa jenis bakteri telah diketahui mampu mendegradasi hidrokarbon sepenuhnya dalam waktu beberapa hari atau bahkan kurang dari 1 hari dalam kondisi kultur.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa 1) kadar unsur hara dari kompos kulit nanas merupakan kompos dengan kualitas paling baik yang mengandung unsur hara C sebesar 0,21%, unsur hara N sebesar 1,57%, dan rasio C/N sebesar 0,135; 2) penambahan pupuk kompos berbahan baku limbah baglog dan kulit nanas berpengaruh dalam menurunkan kadar TPH pada tanah tercemar limbah oli; dan 3) jenis dan konsentrasi kompos yang optimal dalam menurunkan kadar TPH adalah kompos kulit nanas dengan konsentrasi 60% yang mampu menurunkan kadar TPH mencapai 70,67%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abatenh E, Gizaw B, Tsegaye Z, and Wassie M, 2017. The role of microorganisms in bioremediation-A review. *Open Journal of Environmental Biology*, 2(1): 038-046.
- Abed RMM, Al-Kharusi S, Al-Hinai M, 2015. Effect of biostimulation, temperature and salinity on respiration activities and bacterial community composition in an oil polluted desert soil. *Int. Biodeterior. Biodegrad*, 98: 43-52.
- Abioye OP, Agamuthu P, and Abdul Aziz AR, 2012. Biodegradation of Used Motor Oil in Soil Using Organic Waste Amendments. *Biotechnol. Res. Int.* 2012: 1-8.
- Adams GO, Fufeyin PT, Okoro SE, and Ehinomen I, 2015. Bioremediation, biostimulation and bioaugmentation: a review. *International Journal of Environmental Bioremediation & Biodegradation*, 3(1): 28-39.
- Agegnehu G, Bird MI, Nelson PN, and Bass AM, 2015. The ameliorating effects of biochar and compost on soil quality and plant growth on a Ferralsol. *Soil Res*, 53(1).
- Antoniou E, Fodelianakis S, Korkakaki E, and Kalogerakis N, 2015. Biosurfactant production from marine hydrocarbon-degrading consortia and pure bacterial strains using crude oil as carbon source. *Front. Microbiol*, 6.
- Badan Pusat Statistik, 2020. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis (Unit), 2018-2020). Diakses melalui <https://www.bps.go.id/indicator/17/57/1/jumlah-kendaraan-bermotor.html> pada 21 April 2022.
- Chen M, Xu P, Zeng G, Yang C, Huang D, and Zhang J, 2015. Bioremediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons, petroleum, pesticides, chlorophenols and heavy metals by composting: Applications, microbes and future research needs. *Biotechnol. Adv*, 33: 745-755.
- Dell'Anno A, Beolchini F, Rocchetti L, Luna GM, and Danovaro R, 2012. High bacterial biodiversity increases degradation performance of hydrocarbons during bioremediation of contaminated harbor marine sediments. *Environ. Pollut*, 167: 85-92.
- D'Hose T, Cougnon M, De Vlieghe A, Vandecasteele B, Viaene N, Cornelis W, Van Bockstaele E, and Reheul D, 2014. The positive relationship between soil quality and crop production: A case study on the effect of farm compost application. *Appl. Soil Ecol*, 75: 189-198.
- Farber R, Rosenberg A, Rozenfeld S, Banet G, and Cahan R, 2019. Bioremediation of Artificial Diesel-Contaminated Soil Using Bacterial Consortium Immobilized to Plasma-Pretreated Wood Waste. *Microorganisms*, 7: 497.
- Fatima K, Imran A, Naveed M, and Afzal M, 2017. Plant-bacteria synergism: An innovative approach for the remediation of crude oil-contaminated soils. *Soil & Environment*, 36(2): 93-113.
- Ghoul M, and Mitri S, 2016. The Ecology and Evolution of Microbial Competition. *Trends Microbiol*, 24: 833-845.
- Hanifah NN, Yuliani, dan Fitrihidajati H, 2018. Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi dengan Penambahan Kompos Berbahan Baku Limbah Cair Tahu dan Kulit Pisang. *Lentera Bio*, 7(1): 61-65.
- Hardjowigeno, 2003. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Perssindo.
- Hendrasarie N, 2011. Bioremediasi Lahan Tercemar Minyak Tanah Dengan Metoda Biopile. *Jurnal Purifikasi*, 12(1): 29-38.
- Heredia-Cancino J, Carrillo-Torres R, Munguía-Aguilar H, and Álvarez-Ramos M, 2020. An innovative method to reduce oil waste using a sensor made of recycled material to evaluate engine oil life in automotive workshops. *Environ. Sci. Pollut. Res*, 27: 28104-28112.
- Hreniuc M, Coman M, and Cioru B, 2015. Considerations Regarding The Soil Pollution With Oil Products In S Cel - Maramureş. *Scientific Research & Education in the Air Force-AFASES*, 2(6).
- Jumar, Saputra RA, dan Putri KA, 2021. Kualitas Kompos Limbah Baglog Jamur Tiram. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 6(8).
- Kepmen Lingkungan Hidup No. 128, 2003. Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengolahan Limbah Minyak Bumi dan Tanah Terkontaminasi Oleh Minyak Bumi Secara Biologis.
- Lim MW, Lau EV, and Poh PE, 2016. A comprehensive guide of remediation technologies for oil contaminated soil – Present works and future directions. *Mar. Pollut. Bull*, 109: 14-45.
- Ma Y, Li X, Mao H, Wang B, and Wang P, 2018. Remediation of hydrocarbon-heavy metal co-contaminated soil by electrokinetics combined with biostimulation. *Chem. Eng. J*, 353: 410-418.
- Naik MG, and Duraphe MD, 2012. Review paper on-Parameters affecting bioremediation. *Adv. Res. Pharm. Biol.* 2.
- Nwinyi OC, and Olawore YA, 2017. Biostimulation of spent engine oil contaminated soil using Ananas comosus and Solanum tuberosum peels. *Environ. Technol. Innov*, 8: 373-388.
- Onouha EM, Ekpo IA, and Nwagu KE, 2020. Microbial stimulating potential of Pineapple peel (Ananas comosus) and Coconut (Cocos nucifera) husk char in crude-oil polluted soil. *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol*, 5: 582-593.
- Ossai IC, Ahmed A, Hassan A, and Hamid FS, 2020. Remediation of soil and water contaminated with petroleum hydrocarbon: A review. *Environ. Technol. Innov*, 17: 100526.
- Otieno AO, Home PG, Raude JM, Murunga SI, Ngumba E, Ojwang DO, and Tuhkanen T, 2021. Pineapple peel biochar and lateritic soil as adsorbents for recovery of ammonium nitrogen from human urine. *J. Environ. Manage*, 293: 112794.
- Patowary K, Patowary R, Kalita MC, and Deka S, 2016. Development of an Efficient Bacterial Consortium for the Potential Remediation of Hydrocarbons from Contaminated Sites. *Front. Microbiol.* 7.

- Prakash V, Saxena S, Sharma A, Singh S, and Singh SK, 2015. Treatment of Oil Sludge Contamination by Composting. *J. Bioremediation Biodegrad*, 6.
- Pratama SF, dan Handayani D, 2017. Pengaruh Isolat *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. Dengan Biostimulasi Kompos Jerami Padi (*Oryza sativa* L.) Terhadap Penurunan Total Petroleum Hidrokarbon Tanah Tercemar Oli Bekas. *Jurnal Biosains*, 1(2): 322–328.
- Prenafeta-Boldú FX, de Hoog GS, and Summerbell RC, 2019. Fungal Communities in Hydrocarbon Degradation, in: McGenity, T.J. (Ed.), *Microbial Communities Utilizing Hydrocarbons and Lipids: Members, Metagenomics and Ecophysiology*. Springer International Publishing, Cham: 1–36.
- Ramadass K, Megharaj M, Venkateswarlu K, and Naidu R, 2015. Ecological implications of motor oil pollution: Earthworm survival and soil health. *Soil Biol. Biochem*, 85: 72–81.
- Ron EZ, and Rosenberg E, 2014. Enhanced bioremediation of oil spills in the sea. *Curr. Opin. Biotechnol*, 2: 191–194.
- Ros M, Rodríguez I, García C, and Hernández MT, 2014. Bacterial community in semiarid hydrocarbon contaminated soils treated by aeration and organic amendments. *Int. Biodeterior. Biodegrad*, 94: 200–206.
- Sunarya DS, Nisyawati, and Wardhana W, 2020. Utilization of baglog waste as bokashi fertilizer with local microorganisms (MOL) activator. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci*, 524: 012013.
- Supianor S, Juanda J, dan Hardiono H, 2018. Perbandingan Penambahan Bioaktivator EM-4 (Effective Microorganism) dan Mol (Microorganism Local) Kulit Nanas (*Anana Comosus* L.Merr) Terhadap Waktu Terjadinya Kompos. *Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan*, 15(1): 567.
- Thapa B, Kc AK, and Ghimire A, 2012. A Review On Bioremediation Of Petroleum Hydrocarbon Contaminants In Soil. *Kathmandu Univ. J. Sci. Eng. Technol*, 8: 164–170.
- Truskewycz A, Gundry TD, Khudur LS, Kolobaric A, Taha M, Aburto-Medina A, Ball AS, and Shahsavari E, 2019. Petroleum Hydrocarbon Contamination in Terrestrial Ecosystems—Fate and Microbial Responses. *Molecules*, 24: 3400.
- Varjani SJ, and Gnansounou E, 2017. Microbial dynamics in petroleum oilfields and their relationship with physiological properties of petroleum oil reservoirs. *Bioresour. Technol*, 245: 1258–1265.
- Wu Y, Xu M, Xue J, Shi K, and Gu M, 2019. Characterization and Enhanced Degradation Potentials of Biosurfactant-Producing Bacteria Isolated from a Marine Environment. *ACS Omega*, 4: 1645–1651.
- Xu X, Liu W, Tian S, Wang W, Qi Q, Jiang P, Gao X, Li F, Li H, and Yu H, 2018. Petroleum Hydrocarbon-Degrading Bacteria for the Remediation of Oil Pollution Under Aerobic Conditions: A Perspective Analysis. *Front. Microbiol*, 9: 2885.
- Yalaoui-Guellal D, Fella-Temzi S, Djafri-Dib S, Brahmi F, Banat IM, and Madani K, 2020. Biodegradation potential of crude petroleum by hydrocarbonoclastic bacteria isolated from Soummam wadi sediment and chemical-biological properties of their biosurfactants. *J. Pet. Sci. Eng*, 184: 106554.
- Yosephine A, Gala V, Ayucitra A, dan Retnoningtyas ES, 2012. Pemanfaatan Ampas Tebu dan Kulit Pisang Dalam Pembuatan Kertas Serat Campuran. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 11(2): 7.
- Yuniwati M, Iskarima F, dan Padulemba A, 2012. Optimasi Kondisi Proses Pembuatan Kompos Dari Sampah Organik Dengan Cara Fermentasi Menggunakan EM4. *J. Teknol*, 5: 172–181.

Article History:

Received: 30 May 2022

Revised: 10 August 2022

Available online : 16 Agustus 2022

Published: 30 September 2022

Authors:

Ayu Dita Pramesti, Program Studi Biologi Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C3 Lt. 2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: ayudita.18034@mhs.unesa.ac.id

Herlina Fitrihidajati, Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang Gedung C3 Lt. 2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: herlinafitrihidajati@unesa.ac.id

How to cite this article:

Pramesti AD, Fitrihidajati H, 2022. Pemanfaatan Kompos Berbahan Baku Limbah Baglog dan Kulit Nanas Pada Bioremediasi Tanah Tercemar Limbah Oli. *LenteraBio*; 11(3): 536–544.