

Efektivitas Biokomposting dengan Kotoran Kambing dan Arang Sekam Padi dalam Remediasi Tanah Tercemar di Desa Wonocolo

Ryan Rahmad Kurniawan¹⁾, Agus Bambang Irawan^{2a)}, Aditya Pandu Wicaksono³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

JL. Padjajaran, Condongcatur, Depok, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283

^{a)}Corresponding author: bambang.irawan@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Desa Wonocolo, Kecamatan Kedewan, Kabupaten Bojonegoro, Jawa Timur merupakan salah satu lokasi terjadinya pencemaran tanah akibat tumpahan minyak bumi. Kandungan hidrokarbon pada minyak bumi memiliki sifat beracun, mutagenik dan karsinogenik yang berbahaya bagi lingkungan Tujuan pada penelitian adalah melakukan pemetaan persebaran nilai TPH pada Desa Wonocolo, dan mengetahui korelasi antara produktivitas sumur setiap minggu, kedalaman penetrasi minyak ke dalam tanah, dan nilai TPH serta mengetahui efektivitas metode biokomposting. Metode pengambilan menggunakan metode *purposive sampling*. Pengujian TPH dengan metode gravimetri. Analisis dan pengolahan data persebaran nilai TPH menggunakan *software ArcGIS*. Metode remediasi tanah tercemar menggunakan metode biokomposting dengan penambahan kotoran kambing dan arang sekam padi. Hasil nilai TPH yang diperoleh dari 12 sumur yang masih beroperasi dan 2 sumur yang sudah tidak beroperasi didapatkan nilai berkisar 2,94% - 15,36 %. Nilai TPH memiliki korelasi bernilai positif dengan produktivitas sumur minyak bumi, sedangkan nilai TPH dan kedalaman penetrasi minyak ke dalam tanah tidak memiliki korelasi. Hasil percobaan remediasi tanah tercemar memiliki nilai efektifitas mencapai 32,077% dengan nilai akhir TPH sebesar 4,321%.

Kata Kunci: Arang Sekam Padi; Biokomposting; Kotoran kambing; *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH); Wonocolo

ABSTRACT

Wonocolo Village, Kedewan District, Bojonegoro Regency, East Java is one of the locations where soil pollution occurs due to oil spills. The hydrocarbon content in crude oil has toxic, mutagenic, and carcinogenic properties that are harmful to the environment. The purpose of this study was to map the distribution of TPH concentrations in Wonocolo Village and determine the correlation between weekly well productivity, depth of oil penetration into the soil, and TPH values and to determine effectiveness biocomposting method. The sampling method used a purposive sampling method. TPH testing with the gravimetric method. Analysis and processing of the data distribution of TPH values using ArcGIS software. The remediation method for polluted soil uses the biocomposting method with the addition of goat manure and rice husk charcoal. The results obtained from 12 wells that are still operating and 2 wells that are not operating, the concentration ranges from 2.94% - 15.36%. The TPH value has a positive correlation with the productivity of oil wells, and the TPH value and the depth of oil penetration into the soil have no correlation. The results of the contaminated soil remediation experiment have an effectiveness value of 32.077% with a final TPH concentration of 4.321%.

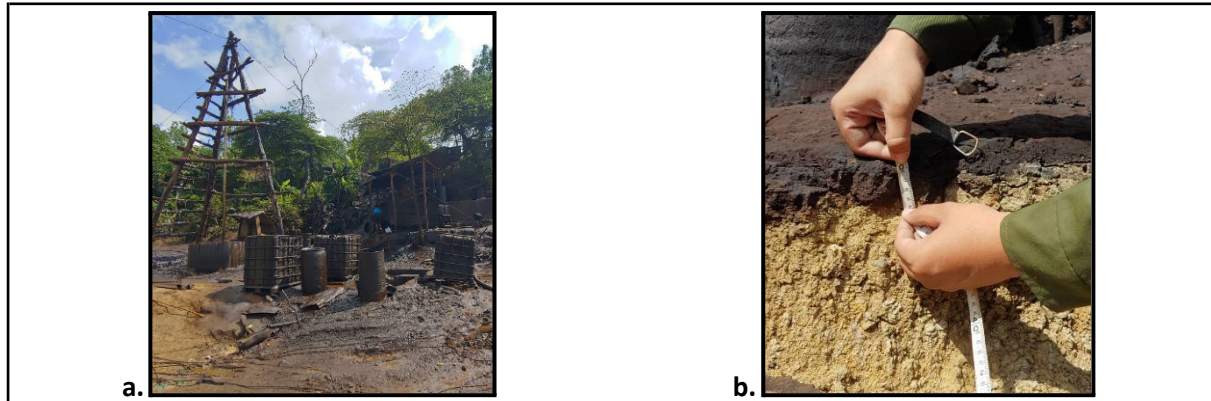
Keywords: *Rice Husk Charcoal; Biocomposting; Goat Manure; Total Petroleum Hydrocarbon (TPH); Wonocolo*

PENDAHULUAN

Sumber daya alam menjadi salah kebutuhan mendasar dari manusia. Kegiatan eksplorasi dan eksploitasi sumber daya alam terus berjalan dan meningkat setiap tahunnya. Bojonegoro menjadi salah satu kabupaten di Jawa Timur yang memiliki kekayaan di bidang minyak bumi dan gas. Sumur minyak tua di Desa Wonocolo, Kecamatan Kedewan merupakan salah satu kawasan eksploitasi minyak bumi yang sudah beroperasi sejak penjajahan Belanda dan terus dilakukan eksploitasi hingga sekarang. Beberapa waktu belakangan sumur minyak Wonocolo dikelola oleh masyarakat yang

sebelumnya dikelola oleh kepala desa sejak ditinggalkan oleh Belanda. Sumur minyak Wonocolo mengalami penurunan produktivitas karena sudah lama dieksploitasi (Holifah & Harjono, 2018).

Proses pengangkatan minyak bumi ke permukaan akan menimbulkan pencemaran. Pencemaran yang terjadi karena adanya percikan dan tumpahan minyak mentah yang tersebar di sekitar sumur minyak. Pencemaran oleh minyak pada Desa Wonocolo cukup tinggi karena belum efisien kegiatan yang dilakukan serta peralatan eksploitasi yang cenderung sederhana. Tumpahan minyak yang bersentuhan langsung menyebabkan terjadinya pencemaran tanah.



Gambar 1. (A) Peralatan Eksploitasi yang pada Desa Wonocolo, (B) Tebal Pencemaran pada Desa Wonocolo

Tanah tercemar di Desa Wonocolo mengalami perubahan warna menjadi kehitaman. Dampak pencemaran bagi lingkungan biotik sangat berbahaya karena minyak bumi memiliki sifat beracun, mutagenik, dan karsinogenik (Sari *et al.*, 2018). Tumbuhan pada area eksploitasi terlihat menunjukkan pertumbuhan yang tidak sehat seperti tumbuhan kerdil dan daun-daun menguning. Tanah yang tercemar pun dapat mencemari air permukaan yang mengalir pada area eksploitasi minyak bumi, air hujan dapat mengerosi tanah tercemar dan membawa partikel-partikel tanah tercemar ke dalam sungai. Minyak hanya terdapat di permukaan tanah. Penetrasi minyak bumi tidak terlalu dalam karena minyak bumi dapat merusak tekstur tanah dan menyumbat pori-pori tanah terlihat pada **Gambar 1.(a)**, yang menunjukkan minyak terakumulasi pada tanah bagian atas.

Kegiatan untuk meremediasi tanah tercemar perlu dilakukan guna memperbaiki kualitas lahan. Alternatif remediasi tanah tercemar minyak bumi adalah menggunakan dengan teknik bioremediasi, yang dalam prosesnya memanfaatkan aktivitas mikroba (Udiharto, 1995 dalam Aliyanta *et al.*, 2011). Sebelumnya dilakukan penelitian oleh Holifah & Hardjono (2010) tentang bioremediasi menggunakan metode biokomposting dengan penambahan kotoran kambing dan kuda yang mampu mendegradasi *Total Petroleum Hidrocarbon* (TPH) hingga 68,83%. Tujuan pada penelitian adalah melakukan pemetaan persebaran nilai TPH pada Desa Wonocolo dan mengetahui korelasi antara produktivitas sumur setiap minggu, kedalaman penetrasi minyak ke dalam tanah, dan nilai TPH serta mengetahui efektivitas metode biokomposting menggunakan kotoran kambing dan arang sekam padi dalam meremediasi tanah tercemar dengan parameter TPH.

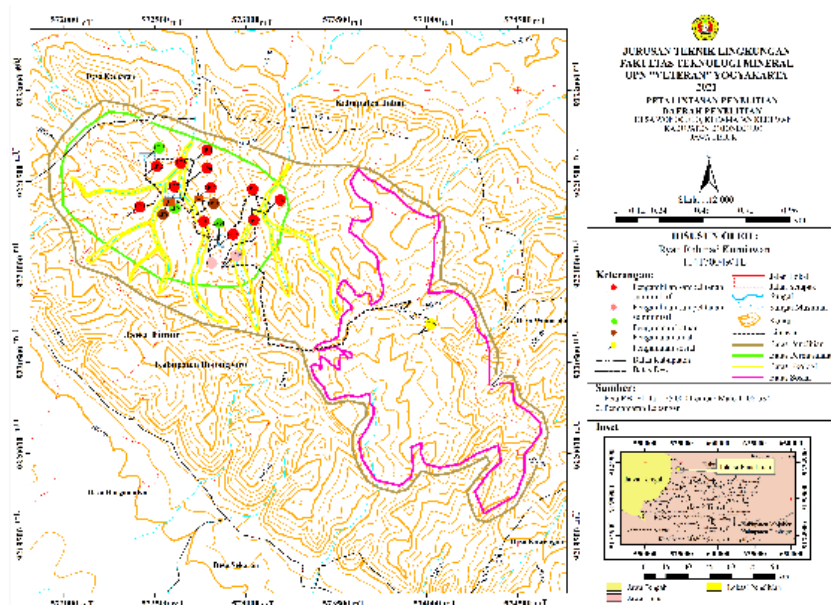
METODE

Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer. Data primer merupakan data aktual yang didapatkan dari hasil pengamatan di lapangan serta uji laboratorium. Data nilai TPH didapatkan melalui pengujian menggunakan metode gravimetri. Pengujian nilai TPH digunakan dalam pembuatan peta persebaran nilai TPH serta analisis penurunan nilai TPH pada bioremediasi dengan metode biokomposting.

Sampling

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus dan selesai pada bulan November 2021. Sampel tanah yang diujikan berasal dari area eksploitasi minyak bumi yang sebelumnya sudah ditentukan titik-titik pengambilan sampel. Penentuan titik pengambilan sampel menggunakan metode *Purposive sampling* dengan mempertimbangkan produksi minyak mentah per minggunya, kedalaman penetrasi minyak ke dalam tanah dan kandungan TPH pada tanah tercemar. Pengambilan sampel tanah disekitar sumur yang sudah tidak beroperasi dilakukan dengan metode *random sampling*.



Gambar 2. Peta Lintasan Daerah Penelitian

Pembuatan Peta Persebaran Nilai TPH

Tanah tercemar lalu diujikan nilai TPH-nya untuk mendapatkan data persebaran nilai TPH pada area eksploitasi minyak bumi di Desa Wonocolo. Data persebaran nilai TPH lalu diolah menggunakan *software ArcGIS 10.7* untuk mendapatkan Peta Persebaran Nilai TPH. Pengujian korelasi Pengujian korelasi *bivariate pearson* dilakukan untuk menguji korelasi *bivariate pearson* dilakukan pada variabel produktivitas setiap minggu, kedalaman penetrasi minyak ke dalam tanah, dan nilai TPH menggunakan aplikasi IBM SPSS

Rancangan Percobaan Remediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi

Rancangan percobaan yang digunakan dalam remediasi pencemaran oleh minyak bumi adalah dengan teknik biokomposting pada tanah tercemar minyak bumi yang berasal Desa Wonocolo yang sudah dihomogenkan. Kegiatan pengomposan dilakukan selama 30 hari dan dilaksanakan di rumah kaca kampus 1 Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Bahan organik yang digunakan terbuat dari kotoran kambing dan arang sekam padi. Proses pengomposan dilakukan secara aerob. Pencampuran antara kotoran kambing dan arang sekam padi adalah setiap 1 kg bahan organik memiliki komposisi 0,5 kg arang sekam padi, dan 0,5 kg kotoran kambing. Pertimbangan komposisi bahan organik untuk memenuhi persyaratan C/N sebesar 53,33 sesuai dengan rasio C/N optimum yaitu 40-80 (Dalzell *et al.*,1987 dalam Muhammad, 2017). Nilai C-organik dan N-total dapat diperhatikan pada **Tabel 1**. Perhitungan Komposisi tersebut menjadi campuran yang optimum untuk pengomposan dapat melalui persamaan berikut: (Indriani, 2000)

$$AX + BY = C \quad 1)$$

$$87,20 \times 0,5 + 19,9 \times 0,5 = 53,55$$

Keterangan:

A = C/N rasio bahan X

B = C/N rasio bahan Y

X = massa bahan X

Y = massa bahan Y

C = C/N rasio yang diharapkan

Tabel 1. Kadar Pendahuluan Kualitas Bahan Organik

Parameter	Arang Sekam Padi (Mishra <i>et al.</i> , 2017)	Kotoran Kambing (Muhammad, 2017)	Referensi Kondisi optimum Pengomposan
pH	8,5-9	7.08	6-8 (Indriani, 2000)
Kadar Air (%)	4.25	50.89	40-60 (Indriani, 2000)
C-Organik (%)	40,10	22,78	-
N-Total (%)	0,5	1,14	-
P	0,15	0,264	-
K	0,31	0,423	-
Rasio (C/N)	87.20	19,9	40-80 (Muhammad, 2017)

Variabel bebas sebagai perbedaan perlakuan adalah komposisi tanah tercemar berbanding dengan komposisi bahan campuran. Perlakuan dibagi menjadi 4 yaitu, perbandingan 1:1 untuk tanah tercemar dan bahan organik yang diberi label P1; perbandingan 2:1 untuk tanah tercemar dan bahan organik yang diberi label P2; perbandingan 3:1 untuk tanah tercemar dan bahan organik yang diberi label P3; serta adanya variabel kontrol dengan perlakuan tanah tercemar tanpa ada campuran bahan organik yang diberi label PK. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 2.**

Tabel 2. Perlakuan pada Rancangan Percobaan Biokomposting

Nomor	Perbandingan tanah tercemar dan bahan organik	Label
1	Perbandingan 1:1	P1
2	Perbandingan 2:1	P2
3	Perbandingan 3:1	P3
4	Perbandingan 1:0	PK

Selama proses pengomposan dilakukan pengukuran parameter pengontrol pengomposan, seperti suhu, kadar air, dan pH setiap 3 hari, serta pengukuran nilai TPH setiap 10 hari sekali. Nilai optimum parameter pengontrol dapat dilihat pada **Tabel 1.** Pengukuran ini untuk menjaga proses pengomposan tetap berada pada kondisi optimum yang diperlukan mikroba dalam proses pengomposan. Adapun metode dalam pengukuran parameter-parameter diatas dapat dilihat pada **Tabel 3.**

Tabel 3. Metode Perhitungan Parameter

No	Parameter	Waktu Sampling	Metode Analisis
1.	Suhu	Setiap 3 hari	Termometer
2.	Kadar Air	Setiap 3 hari	<i>Soil Tester Takamura DM-15</i>
3.	pH	Setiap 3 hari	<i>Soil Tester Takamura DM-15</i>
4.	<i>Total Petroleum Hydrocarbon</i>	Setiap 10 hari	Metode gravimetri

Analisis Data Hasil Biokomposting

Analisis efektivitas metode biokomposting didasarkan kepada peraturan KEPMENLH No.128 Tahun 2003 yang menjelaskan bahwa nilai akhir TPH pengolahan tanah tercemar minyak bumi secara biologis adalah 1% atau 10.000 ppm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

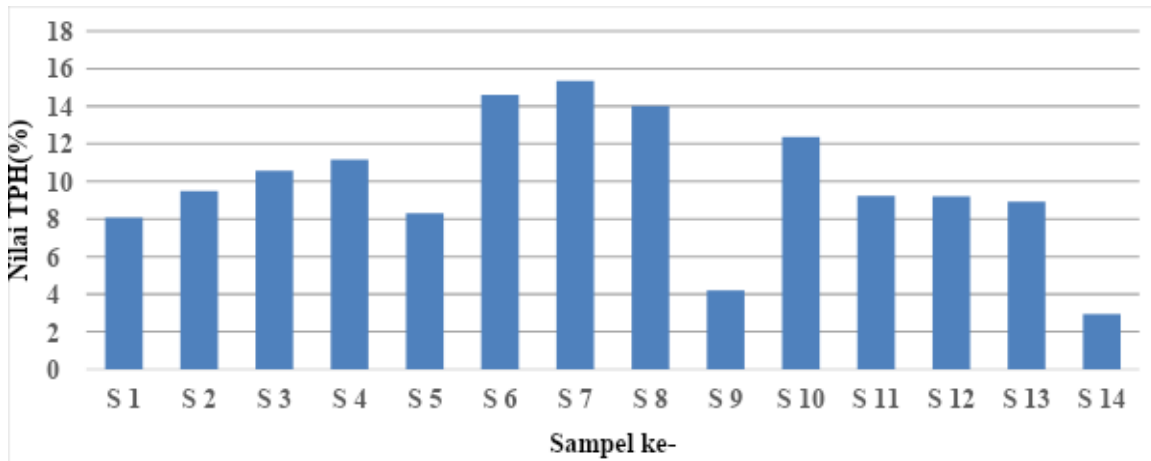
Pemetaan Persebaran Nilai TPH

Tanah tercemar minyak bumi yang digunakan pada penelitian berasal dari area produksi minyak bumi yang berada di Desa Wonocolo. Sampel tanah diambil dari 14 sumur yang terdiri dari 12 titik berupa sumur yang masih beroperasi dan 2 titik berupa sumur sudah tidak beroperasi. Pengambilan sampel tanah tercemar pada sumur yang beroperasi mempertimbangkan produksi minyak per-minggu dan kedalaman penetrasi minyak ke dalam tanah. Hasil analisis pengujian nilai TPH pada sampel tanah tercemar dapat dilihat pada **Tabel 4**.

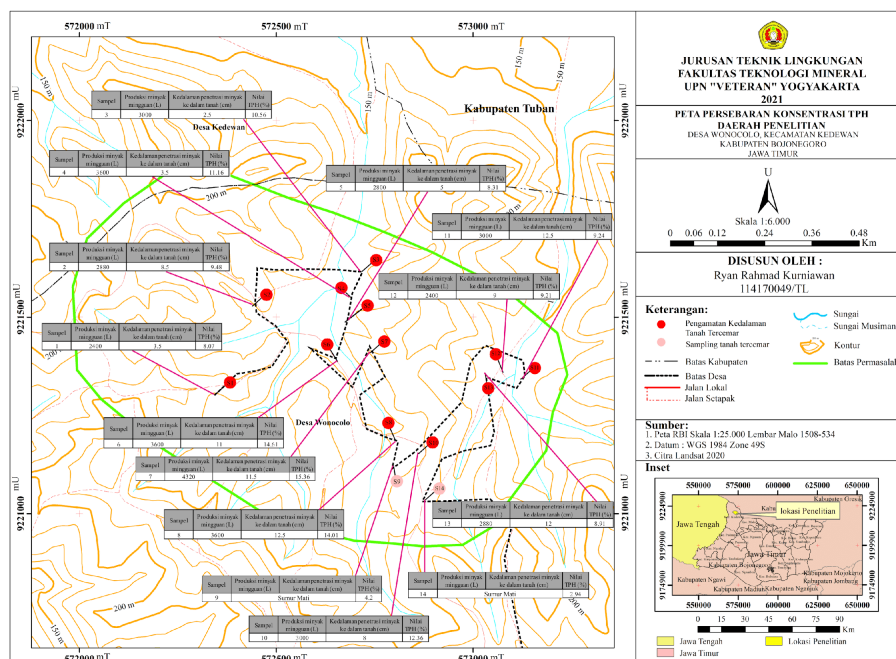
Tabel 4. Hasil Uji Nilai TPH pada Sampel Tanah Tercemar

Sampel (Sn)	Koordinat X	Koordinat Y	Hari kerja /minggu	Produksi minyak per-hari (L)	Produksi minyak mingguan (L)	Kedalaman penetrasi minyak ke dalam tanah (cm)	Nilai TPH (%)
1	572349	9221308	4	600	2.400	3,5	8,07
2	572441	9221532	6	480	2.880	8,5	9,48
3	572720	9221620	5	600	3.000	2,5	10,56
4	572689	9221549	5	720	3.600	3,5	11,16
5	572677	9221487	4	720	2.800	5	8,31
6	572653	9221390	6	600	3.600	11	14,61
7	572741	9221413	6	720	4.320	11,5	15,36
8	572863	9221156	6	600	3.600	12,5	14,01
9	572800	9221116		Sumur tidak beroperasi			4,2
10	572802	9221184	5	600	3.000	8	12,36
11	573077	9221357	5	600	3.000	12,5	9,24
12	573123	9221345	3	800	2.400	9	9,21
13	573032	9221353	6	480	2.880	12	8,91
14	572880	9221038		Sumur tidak beroperasi			2,94

Keterangan* : merah = nilai TPH tertinggi, hijau = nilai TPH terendah



Gambar 3. Kualitas Nilai TPH



Gambar 4. Peta Persebaran Nilai

Pencemaran tanah akibat tumpukan minyak di Desa Wonocolo memiliki nilai TPH berkisar 2,94%-15,36 %. Nilai TPH tertinggi berasal dari tanah yang berada disekitar sumur yang memiliki produktivitas sumur tertinggi, sedangkan nilai TPH paling rendah berasal dari tanah yang berada disekitar sumur yang sudah tidak beroperasi. Untuk lebih jelasnya dapat melihat pada **Tabel 4**. Sumur yang sudah tidak beroperasi masih menunjukkan nilai TPH yang tinggi walaupun sudah ditinggal beberapa waktu. Sumur yang sudah tidak beroperasi menunjukkan bahwa tanah tercemar memiliki nilai TPH yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan sumur yang masih beroperasi. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi remediasi tanah secara alami karena terdapat bakteri indigenous yang hidup di tanah (Zulkifliani *et al.*, 2016). Nilai TPH pada sumur yang sudah tidak beroperasi masih tergolong tinggi sehingga diperlukan remediasi lanjutan pada tanah tercemar baik pada tanah disekitar sumur yang masih beroperasi ataupun yang sudah tidak beroperasi.

Produktivitas setiap minggu berkontribusi atas tinggi atau rendahnya nilai TPH. Kedalaman penetrasi minyak ke dalam tanah tidak berkontribusi dalam rendah atau tingginya nilai TPH. Pengujian korelasi *bivariate pearson* dilakukan untuk menguji korelasi antara produktivitas setiap minggu, kedalaman penetrasi minyak ke dalam tanah, dan nilai TPH pada 12 sampel tanah tercemar dari sumur yang masih beroperasi.

Tabel 5. Korelasi Korelasi Bivariate Pearson melalui Aplikasi IBM SPSS Produktivitas, Kedalaman Penetrasi Minyak, dan Nilai TPH

		Produktivitas Sumur Minyak Setiap Minggu	Kedalaman Penetrasi Minyak	Nilai TPH
Produktivitas Sumur Minyak Setiap Minggu	<i>Pearson</i>	1	,341	,866**
	<i>Correlation</i>		,278	,000
	<i>Sig. (2-tailed)</i>			
Kedalaman penetrasi Minyak	N	12	12	12
	<i>Pearson</i>	,341	1	,413
	<i>Correlation</i>			
Nilai TPH	<i>Sig. (2-tailed)</i>	,278		,182
	N	12	12	12
	<i>Pearson</i>	,866**	,413	1
	<i>Correlation</i>			
	<i>Sig. (2-tailed)</i>	,000	,182	
	N	12	12	12

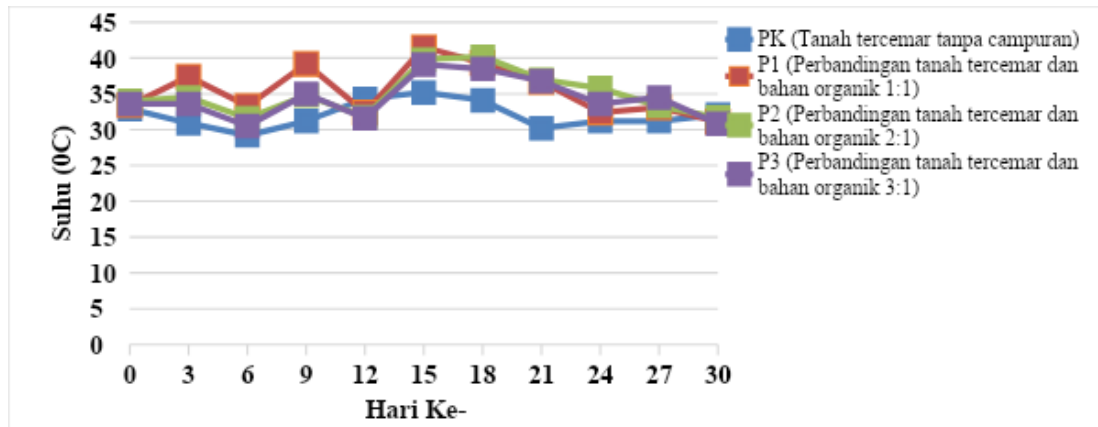
***. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).*

Hasil uji korelasi *bivariate pearson* menunjukkan produktivitas setiap minggu memiliki korelasi bernilai positif dengan nilai TPH. Kedalaman penetrasi minyak ke dalam tanah tidak memiliki korelasi dengan nilai TPH. Korelasi antara produktivitas setiap minggu dan Nilai TPH bernilai positif yang mana semakin tinggi produktivitas setiap minggu maka semakin tinggi pula nilai-nilai TPH. Kedalaman penetrasi minyak kedalam tanah menjadi korelasi yang rendah dan dapat diabaikan karena tanah yang berada pada Desa Wonocolo memiliki tanah bertekstur lempung debu dengan permeabilitas rendah ($2,39 \cdot 10^{-8}$ sampai $9,09 \cdot 10^{-11}$ cm/menit) walaupun memiliki nilai porositas tinggi yaitu antara 52,65–58,88% (Sari *et al.*, 2018). Pori-pori yang tersumbat mengakibatkan distribusi pencemaran minyak pada Desa Wonocolo tidak terlalu luas dan tidak dalam sehingga proses remediasi tanah tercemar dapat dilakukan ada lapisan tanah atas (Sari *et al.*, 2018).

Efektivitas Biokomosting

Perubahan Suhu

Pada penelitian ini menunjukkan suhu udara yang memiliki kisaran suhu 29,2°C-41,5°C. Perubahan suhu kisaran tersebut menunjukkan kisaran suhu berada pada mesofilik 25°C -45°C. Fase ini bakteri yang ditemukan adalah bakteri mesofilik (Robertson *et al.*, 2007). Hidrokarbon terdegradasi dengan cepat bila memasuki suhu optimum. Suhu optimum dalam pendegrasian hidrokarbon adalah apabila memasuki suhu termofilik (46°C-65°C). Suhu Termofilik proses penurunan hidrokarbon tidak hanya terjadi dari degradasi oleh bakteri namun terjadi proses volatilisasi atau adsorpsi (Van Gestel *et al.*, 2003). Suhu pada penelitian hanya mencapai suhu mesofilik sehingga proses degradasi hidrokarbon melambat

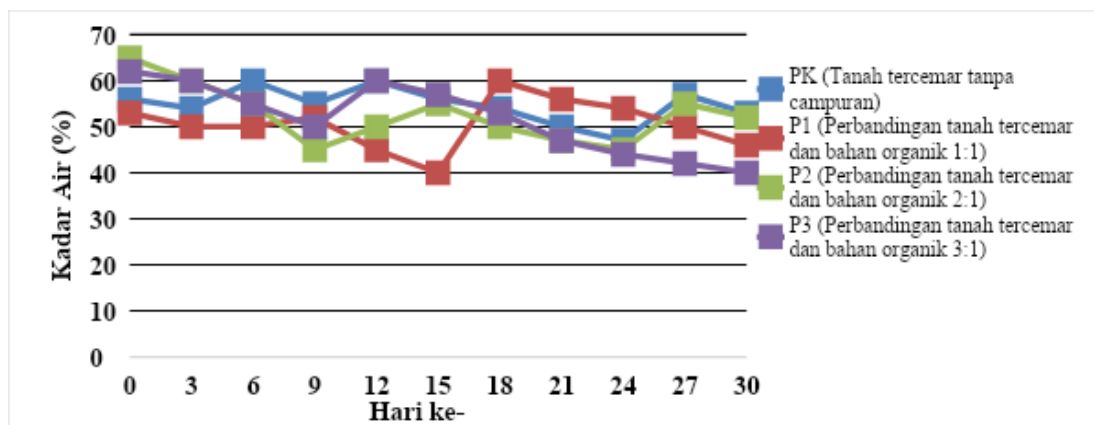


Gambar 5. Grafik Perubahan Suhu Biokomposting

Temperatur kompos cenderung rendah karena tinggi tumpukan kompos yang rendah. Tinggi tumpukan kompos menjadi faktor yang menentukan temperatur kompos. Ketebalan tumpukan yang rendah mengakibatkan panas pada kompos cepat menghilang karena tidak cukupnya material untuk mempertahankan suhu (Setyorini *et al.*, 2019). Tinggi tumpukan pada penelitian hanya sekitar 30 cm-50 cm. Tumpukan kompos yang terlalu tinggi juga tidak baik karena mengakibatkan kompos menjadi padat dan terlalu panas dan mengakibatkan hilangnya udara pada tumpukan.

Perubahan Kadar Air

Perlakuan awal kadar air pada tiap-tiap polybag-nya adalah 50%-65%. Kadar air pada tiap polybag dikondisikan setiap 3 hari sekali dengan penambahan air bila kadar air kurang dari 40% dan pengadukan untuk meratakan persebaran airnya. Kadar air selalu menurun dari kondisi sebelumnya karena penguapan air yang disebabkan oleh panas matahari dan peningkatan suhu kompos dari kegiatan metabolisme mikroorganisme (Nolan *et al.*, 2011). Hasil analisis kadar air selama 30 hari menunjukkan kadar air dapat dipertahankan pada kisaran 40%-65%. Perbedaan nilai kadar air pada tiap polybag disebabkan oleh terlalu banyak atau terlalu sedikit pada penambahan air ataupun pengadukan yang kurang merata.



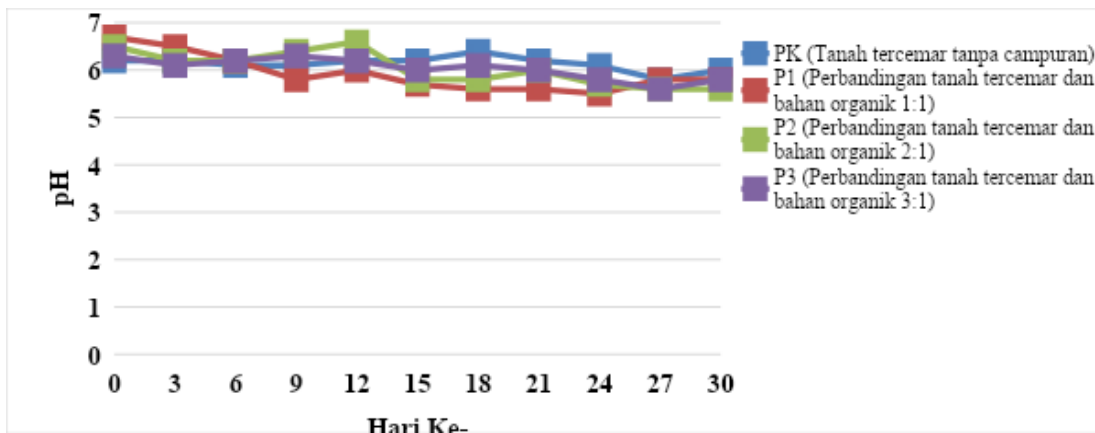
Gambar 6. Grafik Perubahan Kadar Air Biokomposting

Kadar air yang terlalu rendah menyebabkan proses pengomposan berjalan lambat. Kadar air yang terlalu tinggi menyebabkan sirkulasi udara yang buruk sehingga pengomposan berjalan dalam suasana anaerob (Juliani & Rahman, 2011). Perlu menjaga kadar air dalam kondisi optimum.

Perubahan pH

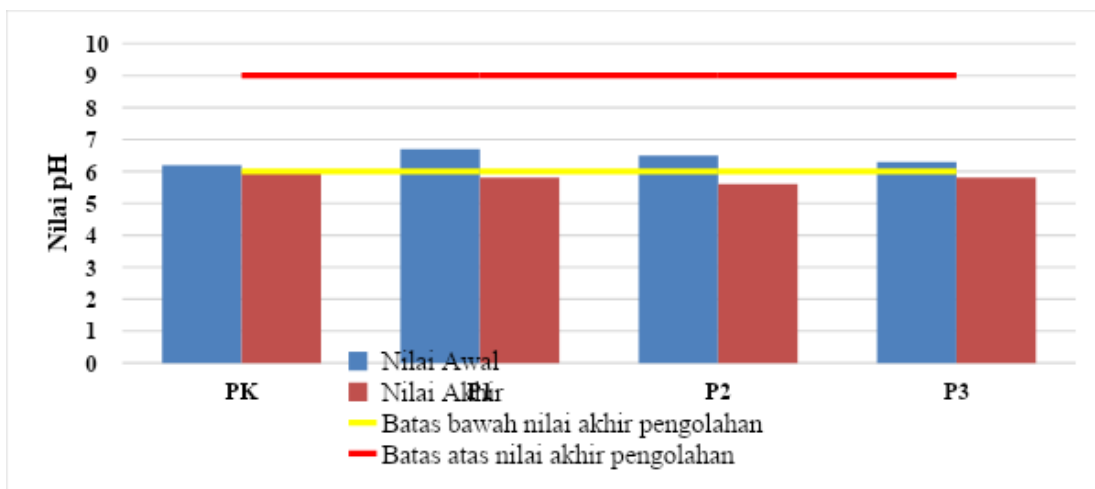
Hasil pengamatan pH selama 30 hari pH awal berkisar 6,2-6,7. Nilai pH awal ini memenuhi nilai pH optimum menurut Indriaini (2000) yaitu sebesar 5,5-8. Selama proses pengomposan nilai

menunjukkan perubahan nilai pH yang menunjukkan aktivitas mikroorganisme. Nilai pH mengalami penurunan karena pada kegiatan proses remediasi tanah tercemar minyak, mikroorganisme menghasilkan asam lemak yang dapat mengakibatkan turunnya nilai pH.



Gambar 7. Grafik Perubahan pH Biokomposting

Hasil akhir nilai pH lebih rendah daripada persyaratan nilai akhir pengolahan minyak bumi secara biologis menurut Permen Nomor 128 Tahun 2003 yaitu nilai pH sebesar 6-9. Nilai Akhir nilai pH berada pada kisaran 5,6-6. Nilai pH yang berada di bawah ini disebabkan oleh nilai pH awal yang sudah tergolong rendah dan proses remediasi oleh mikroorganisme semakin membuat nilai pH menurun. Nilai awal dan akhir nilai pH yang dibandingkan dengan persyaratan nilai akhir pengolahan minyak bumi secara biologis menurut Permen Nomor 128 Tahun 2003 dapat dilihat pada **Gambar 8**.

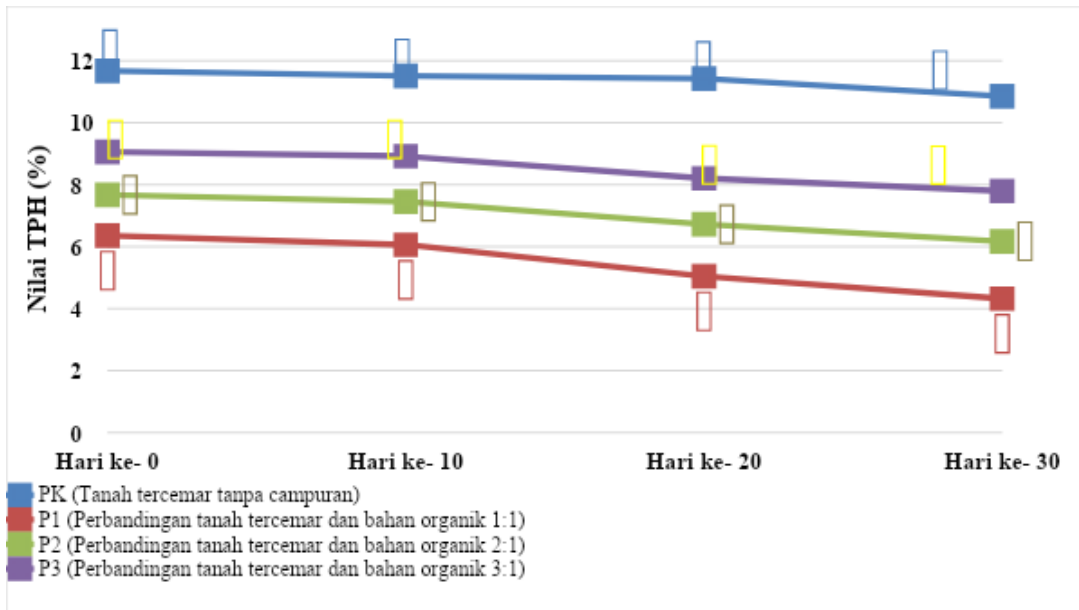


Gambar 8. Grafik Kualitas pH Awal dan Akhir Pengolahan Biokomposting

Penyisihan TPH pada kegiatan Biokomposting

Tabel 6. Nilai TPH Awal Biokomposting

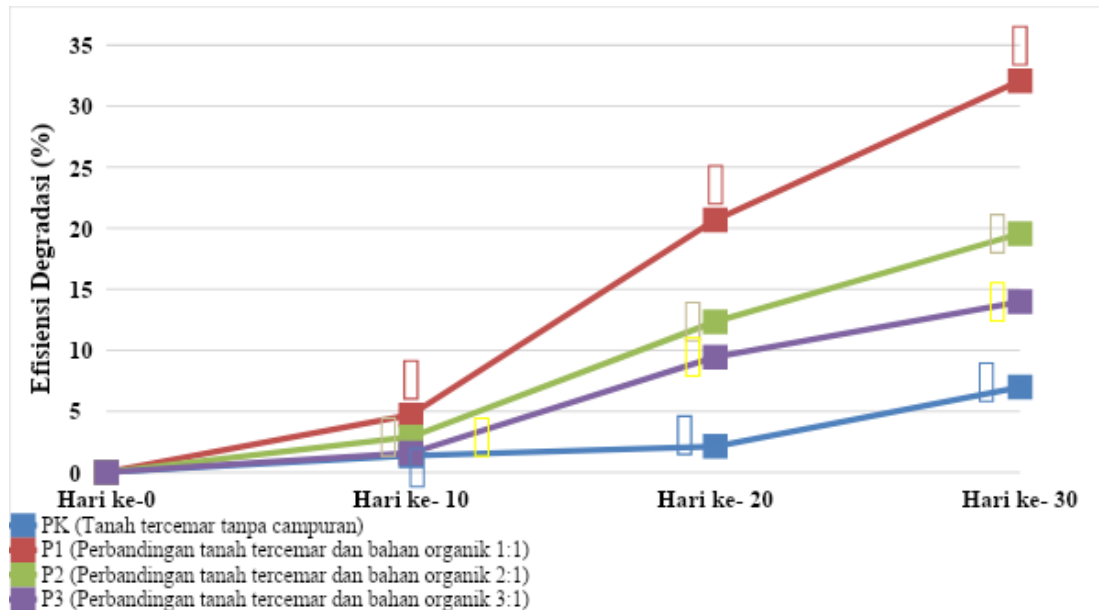
Nomor	Perlakuan	TPH awal
1	P1	11,670
2	P2	6,361
3	P3	7,673
4	PK	9,062



Gambar 9. Grafik Penurunan Nilai TPH Metode Biokomposting

Perbedaan nilai awal TPH karena perbedaan dalam penambahan campuran bahan organik. Nilai Awal TPH dapat dilihat pada **Tabel 6**. TPH titik awal terendah adalah pada perlakuan P1 karena penambahan campuran bahan organiknya 1:1. Nilai awal P1 adalah 6,361%. Perlakuan PK pun menjadi perlakuan dengan nilai awal TPH tertinggi karena PK menjadi variabel kontrol yang tidak diberikan tambahan campuran bahan organik. Nilai TPH P2 dan P3 berturut yaitu 7,673 dan 9,062%. Nilai akhir degradasi TPH menunjukkan nilai TPH paling rendah adalah pada perlakuan P1 4,321% dan nilai TPH paling tinggi pada perlakuan P3 10,856%. Nilai akhir degradasi TPH menunjukkan nilai TPH paling rendah adalah pada perlakuan P1 4,321% dan nilai TPH paling tinggi pada perlakuan P3 10,856%. Efektivitas penurunan TPH disajikan pada **Gambar 10**.

Hasil perhitungan efektivitas menunjukkan bahwa perlakuan P1 dengan memiliki efektivitas tertinggi efektivitas degradasi mencapai 32,077% selama 30 hari dan PK menunjukkan efektivitas paling rendah dengan efektivitas 6,973%. Berdasarkan **Gambar 10** diketahui bahwa semakin besar komposisi campuran bahan organik maka semakin besar pula nilai TPH yang dapat didegradasi. Campuran bahan organik memberikan nutrisi tambahan yang mampu menstimulasi dan mempercepat aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi hidrokarbon. Hal ini diperkuat oleh penelitian Van Gestel *et al.* (2003) yang menyatakan yang melakukan penelitian selama 12 minggu dengan efisiensi degradasi sampai 86%.



Gambar 10. Grafik Efisiensi Degradasi TPH Metode Biokomposting

Van Gestel *et al.* (2003) menunjukkan efektivitas penurunan konsentrasi TPH berbanding lurus dengan komposisi bahan organik. Kotoran kambing mengandung bakteri *Pseudomonas sp.* yang membantu proses degradasi. Tanah tercemar sendiri mengandung bakteri *indigenus* yang mampu untuk mendegradasi nilai TPH. Menurut Holifah & Harjono (2018), Kotoran kambing mengandung bakteri *pseudomonas sp.* yang mampu mendegradasi minyak serta unsur hara yang mampu menstimulasi aktivitas bakteri *indigenus* pada tanah tercemar sehingga mempercepat proses degradasi TPH. Arang sekam padi pun sebagai agen pengembur memberikan dampak yang baik pada proses remediasi karena arang sekam memiliki kemampuan menahan air, remah, dan mampu memperbaiki tekstur tanah. Arang sekam yang remah dan berongga dapat meningkatkan volume tanah dan meningkatkan kegiatan mikroorganismenya karena ruang aktivitas mikroorganismenya pada tanah menjadi lebih luas. Menurut penelitian Holifah & Harjono (2018) penambahan kotoran kambing pada proses degradasi TPH dapat menurunkan jumlah TPH sebanyak 68,830% dalam waktu 5 minggu.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pencemaran tanah akibat cecceran minyak di Desa Wonocolo memiliki nilai TPH berkisar 2,94% - 15,36 %. Nilai TPH tertinggi berasal dari tanah yang berada disekitar sumur yang memiliki produktivitas sumur tertinggi. Nilai TPH paling rendah berasal dari tanah yang berada disekitar sumur yang sudah tidak beroperasi
2. Produktivitas sumur minyak dan nilai TPH memiliki korelasi bernilai positif, sedangkan kedalaman penetrasi minyak tidak memiliki korelasi terhadap nilai TPH.
3. Degradasi nilai TPH metode biokomposting berjalan optimum menggunakan perbandingan tanah tercemar dan bahan organik 1:1 dengan efisiensi degradasi mencapai 32,077% dengan waktu pengolahan 30 hari.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta atas bimbingan, dorongan dan fasilitas yang diberikan dalam mendukung penelitian ini. Terima kasih kepada masyarakat Desa Wonocolo yang telah bekerjasama dalam penyusunan penelitian ini. Terima kasih kepada keluarga yang selalu mendukung dalam penyelesaian penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

- Aliyanta, B., Sumarlin, L. O., & Mujab, A. S. (2011). Penggunaan Biokompos dalam Bioremediasi Lahan Tercemar Limbah Minyak Bumi. *Jurnal Valensi*, 2(3), 430–442.
- Holifah, S., & Harjono, D. (2018). Analisis Penambahan Kotoran Kambing dan Kuda pada Proses Bioremediasi Oil Sludge di Pertambangan desa Wonocolo. *Journal of Chemical Science*, 7(1), 35–42. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Indriani, Y. H. (2000). *Membuat kompos secara kilat*. Penebar swadaya.
- Juliani, A., & Rahman, F. (2011). Bioremediasi Lumpur Minyak (Oil Sludge) dengan Penambahan Kompos sebagai Bulking Agent dan Sumber Nutrien Tambahan. *Jurnal Sains Dan Teknologi Lingkungan*, 3(1), 1–018.
- Mishra, A., Taing, K., Hall, M. W., & Shinogi, Y. (2017). Effects of Rice Husk and Rice Husk Charcoal on Soil Physicochemical Properties, Rice Growth and Yield. *Journal Agricultural Sciences*, 08(09), 1014–1032. <https://doi.org/10.4236/as.2017.89074>
- Muhammad, T. A. (2017). Pengaruh Penambahan Pupuk Kotoran Kambing terhadap Hasil pengomposan Daun Kering di TPST UNDIP. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(3), 1–12. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/tlingkungan>
- Nolan, T., Troy, S. M., Healy, M. g, Kwapinski, W., Leahy, J. J., & Lawlor, P. G. (2011). Characterization of compost produced from separated pig manure and a variety of bulking agents at low initial C/N ratios. *Journal Bioresource Technology*, 102(14), 7331–7138.
- Robertson, S. J., McGill, W. B., Massicotte, H. B., & Rutherford, P. M. (2007). Petroleum hydrocarbon contamination in boreal forest soils: A mycorrhizal ecosystems perspective. *Biological Reviews*, 82(2), 213–240. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2007.00012.x>
- Sari, G. L., Trihadiningrum, Y., & Ni'matuzahroh. (2018). Petroleum hydrocarbon pollution in soil and surface water by public oil fields in Wonocolo sub-district, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 19(2), 184–193. <https://doi.org/10.12911/22998993/82800>
- Setyorini, D., Saraswati, R., & Anwar, E. K. (2019). *Kompos Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Litbang Sumbserdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Van Gestel, K., Mergaert, J., Swings, J., Coosemans, J., & Ryckeboer, J. (2003). Bioremediation of diesel oil-contaminated soil by composting with biowaste. *Environmental Pollution*, 125(3), 361–368. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(03\)00109-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(03)00109-X)
- Zulkifliani, S., Sylvia, P., Rossalina, A., & Syafrizal. (2016). Effects of Petrofilic Microorganisms and Bulking Agent on Hydrocarbon' S Biodegradation Efficiency. *Journal Scientific Contributions Oil and Gas*, 39(3), 151–156.