

Bioremediasi *Sludge* Minyak Bumi Skala Laboratorium Menggunakan Kultur Campur Kapang Indigen Hidrokarbonoklastik Skala Laboratorium

Laboratory-Scale Petroleum Sludge Bioremediation Using Laboratory-Scale Hydrocarbonoclastic Indigenous Mold Mixed Culture

Agung Laksana^{1*)}

¹Program Pascasarjana Universitas Sriwijaya, Palembang, 30139,
Sumatera Selatan, Indonesia

*)Penulis untuk korespondensi: agung.k3lh@gmail.com

Sitasi: Agung L. 2021. Laboratory-scale petroleum sludge bioremediation using laboratory-scale hydrocarbonoclastic indigenous mold mixed culture. In: Herlinda S *et al.* (Eds.), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-9 Tahun 2021, Palembang 20 Oktober 2021. pp. 154-161. Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

ABSTRACT

Petroleum production exploration activities, in addition to producing crude oil, also produce waste in the form of sludge containing chemicals that are toxic to the environment. Hydrocarbonoclastic mold is a type of mold that can decompose hydrocarbon compounds contained in the sludge into smaller and environmentally friendly fractions. This study aimed to find out the ability of mixed culture of hydrocarbonoclastic indigenous molds by treatment with sludge:top soil, N:P:K ratio and type of bulking agent. The design for the treatment used a completely randomized design with a factorial pattern with three treatment factors: sludge:top soil ratio of 1:1 and 2:1, N:P:K ratio of 5:1:0,5 and 10:1:0,5, bulk agent in the form of sawdust and rice husk weighing 5% of the total sludge: top soil. The number of treatment combinations consisted of 8 units and each unit was made 3 treatments. The results of the study showed that the combination treatment between the sludge:top soil ratio of 1:1, the ratio of N:P:K of 10:1:0.5 and the type of bulking agent in the form of rice husks decreased most highly in the percentage of total petroleum hydrocarbon degradation, which was 74.2%. And the interaction of three treatment factors, namely sludge: top soil, N:P:K ratio and the type of bulking agent gave an effect on the percentage reduction in total petroleum hydrocarbon. It is suggested that further research need to be carried out on an application scale in the field.

Keywords: bulking agent, top soil, rasio N:P:K

ABSTRAK

Kegiatan eksplorasi produksi minyak bumi, selain menghasilkan minyak mentah juga menghasilkan limbah berupa *sludge* yang mengandung bahan kimia yang bersifat toksik terhadap lingkungan. Kapang hidrokarbonoklastik merupakan jenis kapang yang bisa menguraikan senyawa-senyawa hidrokarbon yang terdapat di dalam *sludge* menjadi fraksi yang lebih kecil dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan kultur campur kapang indigen hidrokarbonoklastik dengan perlakuan pemberian rasio *sludge:top soil*, rasio N:P:K dan jenis *bulking agent*. Rancangan yang digunakan untuk perlakuan menggunakan rancangan acak lengkap berpola faktorial dengan tiga faktor perlakuan: rasio *sludge:top soil* sebesar 1:1 dan 2:1, rasio N:P:K sebesar 5:1:0,5 dan 10:1:0,5, *bulk agent* berupa serbuk gergaji dan sekam padi seberat 5% dari total

sludge:top soil. Jumlah kombinasi perlakuan terdiri dari 8 unit dan masing-masing unit dibuat 3 perlakuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi antara rasio *sludge:top soil* sebesar 1:1, rasio N:P:K sebesar 10:1:0,5 dan jenis *bulking agent* berupa sekam padi menunjukkan penurunan persen degradasi *total petroleum hydrocarbon* paling tinggi yaitu sebesar 74,2%. Dari penelitian yang dilakukan, interaksi tiga faktor perlakuan yaitu *sludge:top soil*, rasio N:P:K dan jenis *bulking agent* memberikan pengaruh terhadap persentase penurunan *total petroleum hydrocarbon*. Penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya dilakukan skala aplikasi di lapangan.

Kata kunci: bulking agent, top soil, rasio N:P:K

PENDAHULUAN

Penggunaan minyak bumi sebagai sumber energi terus meningkat secara simultan setiap tahun sejalan meningkatnya aktivitas industrialisasi. Besarnya penggunaan minyak bumi menyebabkan timbulnya limbah berbahaya dan beracun bagi lingkungan, karena komponen utama minyak bumi berupa rantai panjang hidrokarbon yang sulit terdegradasi secara alami di dalam tanah. Limbah minyak bumi pada umumnya berupa residu hasil proses pengumpulan dan pengendapan kontaminan. Kontaminan tersebut terdiri dari kontaminan yang telah ada di dalam minyak bumi, maupun kontaminan yang dihasilkan dalam proses produksi dan tidak dapat digunakan kembali untuk proses selanjutnya (Kurniawan, 2012). Beberapa parameter komponen kimia *sludge* bersifat toksik maupun karsinogenik diantaranya adalah TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*), BTEX (*Benzen, Toluene, Ethylbenzen, Xylene*), dan logam berat (Pb, As, Ba, Cd, Cr, Hg, Se dan Zn) (Wang *et al.*, 2018).

Bioremediasi merupakan proses pemanfaatan kemampuan metabolic mikroorganisme untuk penanganan pencemar. Proses ini semakin banyak digunakan karena kemudahan, lebih efisien serta cost-effective (Capello, 2015). Pemulihan lahan tercemar akibat limbah oli menggunakan metode bioremediasi yang lebih ramah lingkungan, efisien dan ekonomis (Jawhari, 2014) untuk mengurangi atau menghilangkan kontaminan yang berbahaya menjadi tidak berbahaya dengan menggunakan mikroorganisme (Chanif *et al.*, 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Nurzalinda (2006), berhasil mengisolasi tiga spesies kapang indigenus hidrokarbonoklastik dari *sludge* yang dihasilkan oleh PT. Pertamina UB EP Jambi, yaitu: *Aspergillus sec. nigri, Aspergillus flavus* dan *Monascus rubber*.

Pencemaran dan kerusakan lingkungan akibat limbah minyak bumi dapat ditanggulangi dengan proses bioremediasi. Bioremediasi merupakan proses pembersihan polutan tanah dengan menggunakan mikroorganisme sebagai media pendegradasi kontaminan menjadi bahan yang kurang atau tidak beracun. Semakin meningkat populasi beberapa mikroorganisme spesifik seperti bakteri, jamur, ataupun alga, maka semakin berkurang konsentrasi kontaminan yang terwakili secara umum oleh konsentrasi Total Petroleum Hidrokarbon (TPH). Dalam proses bioremediasi, *bulking agent* ditambahkan sebagai media untuk memperbaiki permeabilitas, *water holding capacity* dan porositas tanah, sehingga laju biodegradasi meningkat (Kurniawan, 2012).

Nutrisi merupakan faktor yang berpengaruh besar dalam sintesis dan pertumbuhan sel serta aktivitas enzim yang dihasilkan bakteri untuk mendegradasi polutan. Penambahan nutrisi juga diketahui dapat mempercepat pertumbuhan mikroba lokal yang terdapat pada daerah tercemar, beberapa nutrisi penting yang dibutuhkan mikroorganisme adalah karbon, nitrogen, dan fosfor (Ali, 2012)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan kultur campur kapang indigen hidrokarbonoklastik dengan perlakuan pemberian rasio *top soil:sludge*, rasio N:P:K dan *bulking agent* secara masing-masing atau interaksinya berpengaruh terhadap populasi

kapang dan degradasi TPH dalam proses bioremediasi *sludge* minyak bumi skala laboratorium.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan dari Desember 2006 sampai dengan Juli 2007. Pengambilan sampel *sludge* dilakukan secara acak sebanyak lima titik dari tempat penampungan *sludge* PT. Pertamina UB EP Jambi. Pembuatan media, peremajaan katiga spesies kapang dan analisis limbah dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Unsri, sedangkan proses bioremediasi dilakukan di area Rumah Kaca Jurusan Biologi FMIPA Unsri. Rancangan perlakuan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap berpola faktorial dengan tiga faktor perlakuan yaitu: *sludge* : *top soil* (t) dimana t1 = *sludge* : *top soil* = 125 g : 125 g & t2 = *sludge* : *top soil* = 166,7 g : 125 g. rasio N:P:K (r) dimana r1 = N:P:K = 5 g : 1 g : 0,5 g & r2 = N:P:K = 10 g : 1 g : 0,5 dan jenis *bulking agent* (b) dimana b1 = serbuk gergaji seberat 5% dari total *sludge* : *top soil* dan b2 = sekam padi seberat 5% dari total *sludge* : *top soil*. Jumlah kombinasi perlakuan terdiri dari 8 kombinasi dan masing-masing kombinasi perlakuan dibuat sebanyak 3 perlakuan sehingga menghasilkan 24 unit percobaan (Hanafiah, 2001).

Lay out percobaan

D2 (b2r1t2)	C1 (b1r2t1)	B1 (b2r1t1)	A2 (b1r1t1)	C2 (b2r1t1)	A3 (b1r1t1)
G3 (b2t2r1)	H2 (b2r2t2)	E2 (b1r2t1)	D1 (b2r2t1)	B3 (b1r2t1)	E3 (b2r1t1)
G2 (b2r2t1)	G1 (b1r2t2)	D3 (b1r2t2)	H1 (b2r2t2)	B2 (b1r1t2)	F3 (b2r2t1)
E1 (b1t2r1)	F2 (b1r2t2)	F1 (b2r1t2)	C3 (b1r1t2)	H3 (b2r2t2)	A1 (b1r1t1)

Variabel Pengamatan:

1. Penurunan TPH (%) Selama proses Bioremediasi

Konsentrasi hidrokarbon awal dan akhir dihitung dengan rumus Satitiningrum, 1995:

$$\text{Degradasi (\%)} = \frac{\text{TPH Awal} - \text{TPH Akhir}}{\text{TPH Awal}} \times 100\%$$

2. Jumlah Koloni Kultur Campur Selama Proses Bioremediasi

Medium PDA yang telah diberi anti bakteri (*cloramfenicol*) 100 mg/l medium, dimasukkan sebanyak 10 ml ke dalam cawan petri steril kemudian diinkubasi hingga mengeras. Sampel *sludge* yang diambil dari setiap bioreaktor diencerkan menggunakan aquades steril sampai 10^{-4} . Sampel dari pengenceran tersebut diambil sebanyak 0,1 ml kemudian dimasukkan ke dalam cawan petri yang telah diberi media PDA. Kemudian inkubasi selama 2 x 24 jam pada suhu ruangan. Perhitungan jumlah koloni kapang yang tumbuh dihitung dengan *Total Plate Count* /log jumlah total (Hendriyanto, 2012).

Analisis Data

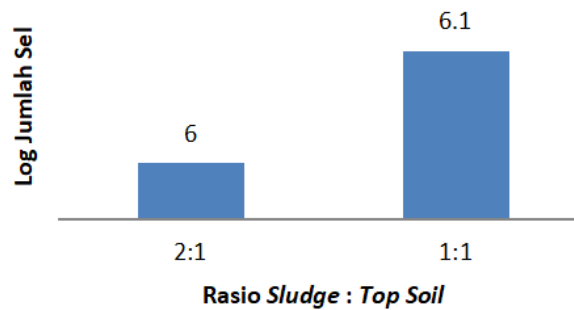
Data Log jumlah koloni Kapang yang tumbuh dan penurunan TPH (%) akhir yang diperoleh, dilakukan analisis varian. Jika terdapat perbedaan yang nyata, dilakukan uji wilayah berganda Duncan pada taraf $\alpha = 0,05$. Data berupa Konsentrasi TPH (%) per

minggu dibuat sebagai grafik hubungan terhadap jumlah koloni kultur campur kapang indigen hidrokarbonoklastik (Hanafiah, 2001).

HASIL

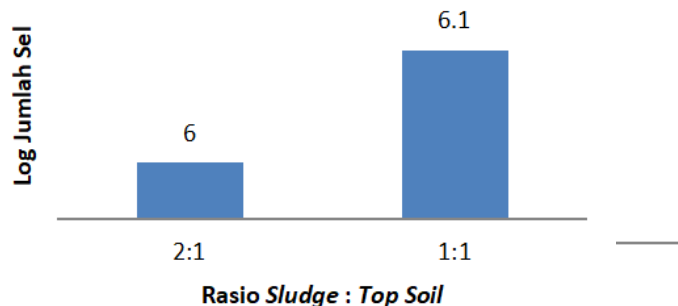
Jumlah Koloni

Berdasarkan hasil ANAVA Perlakuan tunggal pemberian rasio *sludge* : *top soil*, rasio N:P:K dan jenis *bulking agent* berpengaruh nyata terhadap jumlah koloni kultur campur kapang (*Aspergillus sec. nigri*, *Aspergillus flavus* dan *Monascus rubber*). Hal ini ditunjukkan dengan F hitung yang lebih besar daripada F tabel. Sedangkan interaksi ke tiga perlakuan menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Perlakuan pemberian *top soil* : *sludge* sebesar 1:1 menghasilkan log jumlah sel yang lebih banyak bila dibandingkan dengan pemberian *sludge* : *top soil* sebesar 2:1 (Gambar 1).



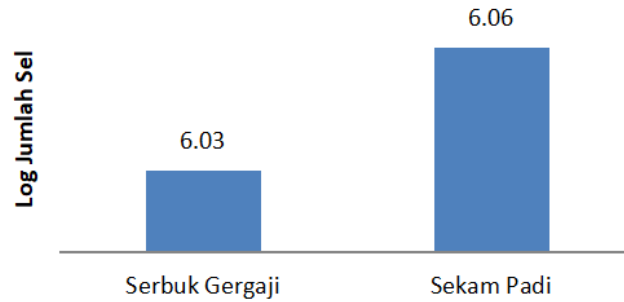
Gambar 1. Hubungan antara perbandingan *sludge* : *top soil* terhadap log jumlah koloni

Berdasarkan hasil ANAVA terhadap degradasi TPH diketahui bahwa kombinasi/ interaksi ketiga faktor yaitu *sludge* : *top soil*, rasio N:P:K dan jenis *bulking agent* memberikan pengaruh terhadap persentase penurunan TPH. Hasil uji DNMRT terhadap rata-rata degradasi TPH pada akhir proses bioremediasi menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan menunjukkan hasil persen degradasi TPH akhir yang berbeda. Turunnya kandungan TPH menunjukkan adanya aktifitas dari kultur campur kapang yang memanfaatkan hidrokarbon yang terdapat dalam *sludge* sebagai sumber nutrisi (Gambar 2).



Gambar 2. Hubungan antara rasio N:P:K terhadap log jumlah koloni

Untuk jenis *bulking agent*, pertumbuhan kultur campur pada perlakuan yang menggunakan sekam padi menunjukkan jumlah koloni yang terbentuk lebih banyak. Hal ini dapat terjadi karena struktur sekam padi yang lebih berongga sehingga dapat meningkatkan aerasi (sirkulasi udara) ke dalam media perlakuan. Selain itu, sekam padi juga merupakan sumber nutrisi alami bagi kapang (selulosa) yang mudah dirombak dan dimanfaatkan langsung oleh kultur campur kapang untuk pertumbuhannya. Tidak seperti serbuk gergaji, dimana selulosanya terikat dengan lignin sehingga lebih sulit untuk memanfaatkan selulosanya (Gambar 3).



Gambar 3. Pengaruh jenis *Bulking Agent* terhadap log jumlah koloni

1. Persen Degradasi TPH Akhir

Berdasarkan hasil ANAVA terhadap degradasi TPH diketahui bahwa kombinasi/interaksi ketiga faktor yaitu *sludge : top soil*, rasio N:P:K dan jenis *bulking agent* memberikan pengaruh terhadap persentase penurunan TPH. Hasil uji DNMR terhadap rata-rata degradasi TPH pada akhir proses bioremediasi menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan menunjukkan hasil persen degradasi TPH akhir yang berbeda. Turunnya kandungan TPH menunjukkan adanya aktifitas dari kultur campur kapang yang memanfaatkan hidrokarbon yang terdapat dalam *sludge* sebagai sumber nutrisi.

Tabel 1. Persen degradasi TPH akhir

Rasio <i>Sludge : Top Soil</i>	Bulking Agent	Rasio N:P:K	Degradasi TPH Akhir (%)
1:1	Serbuk Gergaji	5:1:0,5	65,05 _a
1:1	Sekam Padi	10:1:0,5	65,34 _a
2:1	Serbuk Gergaji	10:1:0,5	65,61 _a
2:1	Sekam Padi	5:1:0,5	67,87 _b
2:1	Sekam Padi	5:1:0,5	72,38 _c
1:1	Serbuk Gergaji	5:1:0,5	72,62 _c
1:1	Serbuk Gergaji	10:1:0,5	73,01 _c
2:1	Sekam Padi	10:1:0,5	74,23 _c

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf (notasi) sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada alfa <5%

Hasil uji lanjut pada Tabel 1. menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan dengan menggunakan rasio *sludge : top soil* = 2:1, *bulking agent* berupa sekam padi dan rasio N:P:K 10:1:0,5 merupakan perlakuan dengan persen degradasi TPH paling besar dibandingkan dengan persen degradasi TPH dari perlakuan yang lain tetapi tidak berbeda dengan tiga kombinasi perlakuan yang bernotasi sama (c). Oleh karena itu, perlakuan dengan menggunakan rasio *sludge : top soil* = 2:1, *bulking agent* berupa sekam padi merupakan kombinasi perlakuan yang paling baik dalam menurunkan konsentrasi TPH

yaitu sebesar 74,23% dibandingkan dengan kombinasi perlakuan yang lain, tetapi tidak berbeda dengan tiga perlakuan lainnya (5, 6, dan 7). Ini berarti kombinasi tersebut merupakan kombinasi yang tepat dimana kombinasi tersebut memenuhi kebutuhan nutrisi kultur campur kapang indigen hidrokarbonoklastik.

PEMBAHASAN

Pada perlakuan pemberian *sludge:top soil* sebesar 1:1 menghasilkan log jumlah sel yang lebih banyak bila dibandingkan perlakuan dengan pemberian *sludge:top soil* sebesar 2:1. Ini dapat terjadi karena *top soil* menyediakan nutrisi secara alami yang dibutuhkan oleh kultur campur untuk metabolismenya, selain itu *top soil* merupakan gudang nutrisi yang baik untuk proses bioremediasi, pengaruh fisik pada tanah humus memberikan efek yang baik karena dengan pengaruh fisiknya tersebut struktur tanah akan menjadi lebih baik, aerasi menjadi lebih baik, membantu tanah mengabsorb panas lebih besar. Jadi semakin besar porsi pemberian *top soil* akan semakin mendukung pertumbuhan kultur campur kapang tersebut (Pratiwi *et al.*, 2019).

Pada perlakuan faktor tunggal pemberian rasio N:P:K antara perlakuan 5:1:0,5 dan 10:1:0,5 menunjukkan perbedaan jumlah koloni kultur campur kapang yang tumbuh. Perlakuan dengan rasio pemberian N:P:K sebesar 10:1:0,5 menghasilkan jumlah koloni rata-rata yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa rasio tersebut menyediakan sumber nutrisi yang sesuai dengan kebutuhan bakteri hidrokarbonoklastik. Kesesuaian antara rasio C:N:P sangat berpengaruh terhadap metabolisme bakteri. Ketersediaan nutrisi terutama nitrogen (N) dan fosfat (P) dalam perbandingan yang sesuai merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan degradasi minyak bumi (Zam, 2010).

Pada perlakuan penggunaan jenis *bulking agent*, didapatkan hasil bahwa log jumlah koloni yang menggunakan sekam padi sebagai *bulking agent* menunjukkan pertumbuhan kultur campur yang lebih banyak. Hal ini menjelaskan bahwa kompos mampu berperan sebagai *bulking agent* yang dapat mempengaruhi transfer oksigen yang dibutuhkan mikroba. *Bulking agent* mampu memberikan porositas tanah lebih besar untuk pertukaran oksigen sehingga kebutuhan oksigen yang diperlukan mikroba dapat terpenuhi. Oksigen dibutuhkan oleh mikroba sebagai akseptor elektron dalam proses oksidasi hidrokarbon untuk menghasilkan energi dan reaksi enzimatik tertentu (Juliani dan Rahman, 2011).

Penurunan persen degradasi rata-rata TPH pada minggu ke-1 sampai minggu ke-4 yang diikuti dengan meningkatnya jumlah koloni kultur campur kapang menunjukkan bahwa adanya aktifitas degradasi hidrokarbon oleh kultur campur kapang. Kapang indigen hidrokarbonoklastik dalam pertumbuhannya akan memanfaatkan *sludge* sebagai sumber karbon. Terjadinya proses degradasi senyawa hidrokarbon secara mekanisme berlandaskan pada prinsip bioremediasi dimana kelompok mikroba karbonklastik melakukan proses perombakan senyawa hidrokarbon dengan enzim pengoksidasi hidrokarbon, sehingga mikroba mampu mendegradasi senyawa hidrokarbon minyak bumi dengan memotong rantai hidrokarbon menjadi lebih pendek. Selain itu, mikroba karbonklastik memiliki kemampuan untuk menempel pada hidrokarbon, kesanggupan memproduksi *emulsifier*, serta memiliki mekanisme untuk membebaskan diri (desorption) dari hidrokarbon. Sintesis enzim pengoksidasi hidrokarbon dikode oleh kromosom mikroba dan plasmid yang termutasi. Mutasi kromosom dan plasmid mempengaruhi proses pemecahan molekul hidrokarbon. Karena senyawa hidrokarbon merupakan senyawa organik alami, maka banyak jenis mikroba yang berevolusi untuk menggunakan senyawa hidrokarbon (Juliani dan Rahman, 2011). Li *et al.* (2013) mengungkapkan bahwa mikroba indigen lebih banyak digunakan dalam proses pengolahan lahan tercemar karena lebih sesuai dengan lingkungan tercemar tersebut serta kemungkinannya lebih kecil untuk menimbulkan inhibisi proses.

Menurut Erdogan dan Ayten (2011), dalam kondisi aerob, mikroba mampu mencerna zat organik yang mengandung atom karbon dan hidrogen untuk nutrisi dan energi. Mikroba tertentu dapat mencerna dan memecah kontaminan organik berbahaya menjadi produk terutama CO₂ dan H₂O.

Pada Minggu ke-4, jumlah koloni mulai mengalami penurunan dan % degradasi TPH juga menurun. Hal ini menunjukkan mulai menurunnya aktifitas kapang mendegradasi senyawa hidrokarbon. Pada perlakuan, isolat yang digunakan merupakan kultur campuran. Hal ini juga berpengaruh terhadap efektifitas jalannya proses bioremediasi. Karena tidak tertutup kemungkinan adanya salah satu atau lebih spesies kapang yang menghasilkan metabolit yang bersifat toksik terhadap spesies lainnya (Martina, 2014).

KESIMPULAN

Pemberian perlakuan faktor tunggal *sludge* : *top soil* dengan rasio 1:1 menunjukkan log jumlah koloni sebesar 6,1 (1,6 x 10⁵ cfu/g), N:P:K sebagai faktor tunggal dengan rasio 10:1:0,5 menghasilkan log jumlah koloni terbesar dengan nilai 6,05 (1,2 x 10⁶ cfu/g) dan pemberian *bulking agent* sebagai faktor tunggal berupa sekam padi menunjukkan log jumlah koloni sebesar 6,06 (1,12 x 10⁶ cfu/g). Pemberian interaksi ketiga perlakuan antara rasio *sludge* : *top soil* sebesar 1:1, rasio N:P:K sebesar 10:1:0,5) dan jenis *bulking agent* berupa sekam padi menunjukkan penurunan persentase degradasi TPH sebesar 74,2%.

DAFTAR PUSTAKA

- Kurniawan A. 2012. Simulasi proses bioremediasi pada lahan terkontaminasi total petroleum hidrokarbon (TPH) menggunakan serabut buah bintaro dan sekam padi. Seminar Nasional 2021- Waste Management I. Waste Management for Sustainable Urban Development.
- Ali M. 2012. Tinjauan proses bioremediasi melalui pengujian tanah tercemar minyak. Surabaya: UPN Press.
- Jawhari IFH. 2014. Ability of some soil fungi in biodegradation of petroleum hydrocarbon. *Journal of Applied & Environmental Microbiology*. 2: 46-52.
- Satitiningrum. 1995. Hand book of media for environmental microbiology. University Of Lonisville. CRC Press. Newyork.
- Capello S, Rosario C, Santina S, Maria G, Renata D, Lucrezia G, Laura G, Giuseppe M, Michail M. 2015. Bioremediation of oil polluted marine sediments: a bio-engineering treatment. *International Microbiology*. 18: 127-134.
- Chanif, Imam, Hambali, Erliza, Mohammad Y. 2017. Kinerja *Oil Spill Dispersant* dalam proses bioremediasi tanah tercemar minyak bumi (Studi Kasus Tanah Tercemar Minyak Bumi Lapangan XYZ). *Jurnal Teknologi Pertanian*. 27(3): 336-344.
- Erdogan E, Ayten K. 2011. Bioremediation of crude oil polluted soils. *Asian Journal of Biotechnology*. 206-213.
- Hendriyanto P. 2012. Teknologi bioremediasi dalam mengatasi tanah tercemar hidrokarbon. 22-30. In: *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa 2012*.
- Juliani A, Rahman F. 2011. Bioremediasi lumpur minyak (Oil Sludge) dengan penambahan kompos sebagai bulking agent dan sumber nutrisi tambahan. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 3(1) : 1-18.
- Li Q, Wang M, Feng J, Zhang W, Wang Y, Gu Y, Song C, Wang S. 2013. Treatment of High-Salinity Chemical Wastewater by Indigenous Bacteria – Bioaugmented Contact Oxidation. 380-386. *Bioresource Technology* 144.

- Martina A, Roza RM. 2014. Potensi Jamur Isolat Lokal Riau Sebagai Agen Mikoremediasi Minyak Bumi. Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian Universitas Riau.
- Nurzalinda L. 2007. Isolasi, Seleksi dan Karakterisasi Kapang Indigen Hidrokarbonoklastik di PT. Pertamina UB EP Jambi. Laporan Penelitian. FMIPA. Universitas Sriwijaya: vii + 60 hlm. (Tidak Dipublikasikan).
- Pratiwi1, Mardiyanti Siti1, Yosephina Adriani1, Achmad Taufik. 2019. Analisis Variasi Campuran Berat Tanah Humus dan Kompos terhadap Penurunan Total Petroleum Hidrokarbon (TPH) dengan Konsep Bioremediasi. *Jurnal Riset Kesehatan*. Vol.11. No.1.
- Wang S, Xiang Wang. 2018. Long-term biodegradation of aged saline-alkali oily sludge with the addition of bulking agents and microbial agents. *R. Soc. open sci.* 5: 180418. DOI: 10.1098/rsos.180418.
- Zam SI. 2010. Optimasi konsentrasi inokulum, rasio C:N:P dan pH pada proses bioremediasi limbah pengilangan minyak bumi menggunakan kultur campuran. optimasi konsentrasi inokulum. *El-Hayah*. 1(2): 23-34.