

**BIOREMEDIASI LIMBAH OLI BEKAS KENDARAAN BERMOTOR
DENGAN LUMPUR AKTIF DENGAN VARIASI PENAMBAHAN BAKTERI
LOKAL YANG DIIDENTIFIKASI DENGAN SEKUEN 16S rDNA**

**BIOREMEDIATION OF USED ENGINE OIL WASTE WITH ACTIVATED
SLUDGE WITH VARIATION OF ADDITION OF INDIGENOUS BACTERIA
IDENTIFIED WITH 16S rDNA SEQUENCE**

*Saut Rotona Barcio Tuamano¹, L. Indah Murwani Yulianti², Ign. Pramana Yuda³
Fakultas Teknobiologi, Universitas Atam Jaya Yogyakarta,
Jl. Babarsari No. 44 Yogyakarta, saut.barcio@gmail.com*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk pengujian terhadap kemampuan bakteri lokal meremediasi oli bekas kendaraan bermotor menggunakan lumpur aktif. Kemudian bakteri lokal tersebut diidentifikasi secara molekuler yaitu dengan sekuen 16S rDNA. Bakteri lokal yang ditemukan terdapat 2 isolat yaitu SB1 yang mempunyai hubungan kekerabatan yang sangat dekat dengan *Pseudomonas aeruginosa*; dan SB2 yang mempunyai hubungan kekerabatan yang sangat dekat dengan *Achromobacter insolitus*. Kepadatan isolat bakteri SB1 sebesar 137×10^6 /ml dan isolat SB2 sebesar 295×10^6 /ml. Isolat SB2 mampu melakukan remediasi yang ditunjukkan dengan adanya penurunan kadar BOD menjadi 127,78 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 31,65% dan menurunkan kadar TPH menjadi 192,30 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 15,04%; SB1 mampu menurunkan kadar TSS. Volume isolat sebanyak 20 ml mampu melakukan remediasi yang ditunjukkan dengan adanya penurunan kadar BOD menjadi 97,22 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 48,88% dan menurunkan kadar TSS menjadi 298,67 mg/L dengan persentase penurunan sebesar 58,42%; volume isolat sebanyak 40 ml mampu menurunkan TPH.
Kata kunci : Bakteri lokal, oli bekas, lumpur aktif, 16S rDNA, TPH.

PENDAHULUAN

Oli merupakan salah satu hasil olahan minyak bumi yang dapat diartikan sebagai pelumas mesin, peredam panas, dan sebagai pelindung dari karatnya mesin (Kurniawan, 2014). Oli bekas dihasilkan dari berbagai macam aktivitas manusia sehari-hari yang salah satunya termasuk kegiatan otomotif atau perbengkelan kendaraan bermotor. Limbah oli bekas merupakan produk yang tidak mungkin dihindari oleh setiap industri bengkel-bengkel kendaraan bermotor dan menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan.

Pencemaran oli bekas dapat terjadi dikarenakan tidak adanya sistem yang baku mengenai pengelolaan oli bekas terutama dari bengkel-bengkel kendaraan bermotor (Surtikanti dan Surakusumah, 2004). Berbagai aspek pemerintahan dan pembangunan dirumuskan dalam peraturan pemerintah termasuk kewenangan dalam pengelolaan dan pengendalian lingkungan hidup. Namun dalam peraturan pemerintah khusus untuk oli bekas masih ditangani oleh pemerintah pusat, sedangkan pemerintah provinsi, kabupaten atau kota hanya diberi tugas sebagai pelapor jika terjadi kasus mengenai oli bekas (Mukhlisoh, 2012).

Limbah oli bekas yang merupakan sumber pencemaran yang keberadaannya dapat menghambat produktivitas tanah, merubah struktur tanah, dan fungsi tanah (Sumastri, 2005), dapat diolah melalui proses fisika, kimia, maupun biologi. Menurut Ginting (1995) Proses fisika dan kimia (daur ulang oli bekas) telah banyak dilakukan dan umumnya membutuhkan biaya yang besar dan menimbulkan polutan sekunder. Secara biologi disebut juga bioremediasi, yaitu pemulihan komponen lingkungan tercemar dengan agen biologi.

Teknik bioremediasi yang sering digunakan dalam skala industri ialah teknik lumpur aktif. Teknik ini menggunakan agen biologi berupa mikrobial untuk medegradasi bahan organik menjadi lebih sederhana seperti CO_2 , H_2O , NH_4 , dan sel biomassa baru (Asmadi dan Suharno, 2012) dan menurut Sunarti dkk., (2014) proses dari teknik ini adalah penangan air limbah secara biologis dengan mirkobia lokal yang tumbuh secara alami yang biasa. Pada penelitian ini dilakukan pengujian

terhadap kemampuan bakteri lokal meremediasi oli bekas menggunakan lumpur aktif. Kemudian bakteri lokal tersebut diidentifikasi secara molekuler, dikarenakan seiring perkembangan ilmu dan teknologi banyak cara untuk mengetahui jenis bakteri tersebut secara tepat dan akurat melalui identifikasi secara genotip.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Limbah dan Laboratorium Teknobiologi-Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Pengujian BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan TSS (*Total Suspended Solid*) dilakukan di Laboratorium Fisika-Kimia Air Balai Besar Teknik Kesehatan Lingkungan dan Pengendalian Penyakit Yogyakarta dan Pengujian TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*) dilakukan di Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Analisis molekuler dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Pusat Studi Bioteknologi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan untuk mengetahui isolat bakteri lokal dominan dalam melakukan bioremediasi limbah oli bekas kendaraan bermotor pada teknik lumpur aktif selama 14 hari dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial dengan variasi penambahan jenis isolat bakteri dominan (X dan Y), variasi penambahan volume isolat bakteri dominan (A, B, dan C). Percobaan ini menggunakan tiga kali pengulangan.

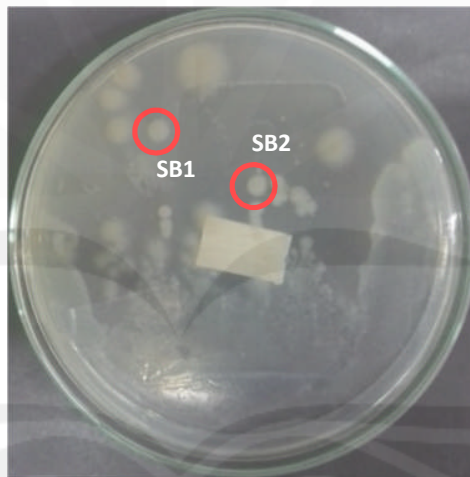
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Isolasi dan permunian Bakteri

Pengujian pertama dalam penelitian yaitu uji pendahuluan dengan pembuatan sebuah bioremediator. Bioremediator tersebut dibuat dengan penambahan bahan yang diperlukan dan diberi aerasi (pemberian udara) pada limbah cair oli bekas kendaraan bermotor secara teratur sampai terjadinya lumpur aktif. Proses terjadinya lumpur aktif ditandai dengan muncul atau terbentuknya flok-flok pada lumpur. Flok-flok ini muncul karena adanya

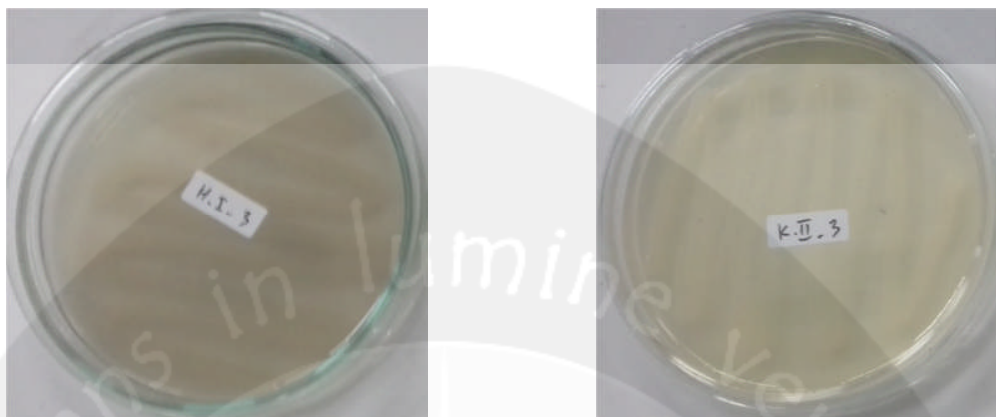
mikrobia atau mikroorganisme yaitu bakteri dan partikel-partikel inorganik (Herlambang dan Wahjono, 1999).

Flok-flok yang terbentuk tersebut kemudian diambil secara steril untuk proses isolasi bakteri. Isolasi dilakukan dengan diawali pengenceran pada sampel, yaitu berupa flok dengan aquades steril dari seri pengenceran 10^{-1} sampai 10^{-7} . Hasil isolasi pengenceran pada sampel dapat dihitung dan jumlah koloni pada seri pengenceran 10^{-1} sampai 10^{-6} adalah TNTC (*Too Numerous To Count*) dan pada seri pengenceran 10^{-7} adalah 174 koloni. Berdasarkan jumlah koloni, yang memenuhi syarat adalah seri pengenceran 10^{-7} dan penentu bakteri dominan juga dapat dilihat dari kesamaan dalam bentuk, warna, dan tepian yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Koloni Bakteri Dominan

Isolasi bakteri dominan bertujuan untuk mendapatkan bakteri paling dominan dalam meremediasi oli bekas kendaraan bermotor. Isolat SB1 dan SB2 yang telah didapatkan dengan cara dipilih berdasarkan bentuk, warna, dan tepian, kemudian disubkultur sebanyak tiga kali dengan tujuan diduplikasinya isolat yang benar-benar murni dapat dilihat pada Gambar 2. Pemurnian dilakukan dengan cara pemindahan isolat SB1 dan SB2 dari medium cawan petri dari seri pengenceran ke medium cawan petri yang baru agar didapatkan koloni bakteri yang murni tanpa ada kontaminan dari jenis lain.



Gambar 2. Isolasi Murni dari Pemilihan Bakteri Lokal Dominan H.I.3 = Isolat Murni SB1; K.II.3 = Isolat Murni SB2

B. Morfologi Isolat Bakteri

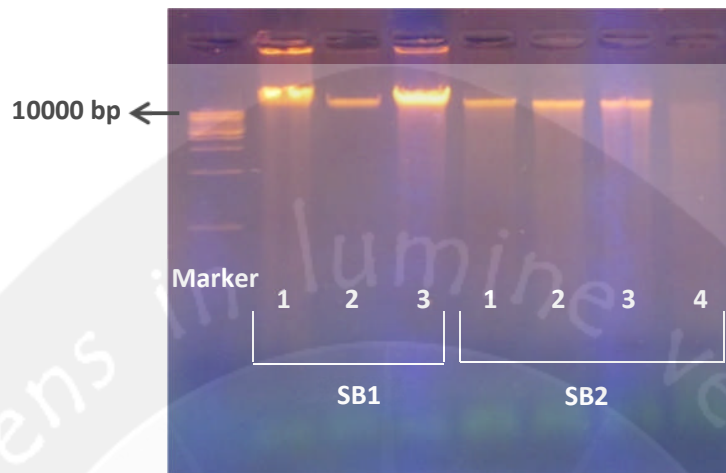
Pengamatan morfologi isolat bakteri berupa bentuk, permukaan, elevasi, tepian, warna, dan pengecatan gram. Hasil dari pengamatan morfologi isolat bakteri SB1 dan SB2 dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil dari pengamatan morfologi koloni bakteri didapatkan bahwa kedua isolat memiliki perbedaan dan persamaan. Perbedaan kedua isolat hanya terletak pada elevasi koloni, tepian koloni, dan warna pada koloni.

Tabel 1. Pengamatan Morfologi koloni Isolat Bakteri dari Lumpur Aktif Limbah Cair Oli Bekas Kendaraan Bermotor.

Isolat	SB1	SB2
Bentuk Koloni	<i>Circular</i>	<i>Circular</i>
Permukaan Koloni	Licin	Licin
Elevasi Koloni	<i>Raised</i>	<i>Convex</i>
Tepian Koloni	<i>Endulate</i>	<i>Entire</i>
Warna	Coklat Kehijauan	Kuning
Bentuk Sel	Batang	Batang
Pengecatan Gram	Merah (Gram-Negatif)	Merah (Gram-Negatif)

C. Identifikasi Secara Molekuler

Kedua isolat SB1 dan SB2 diekstraksi, dan didapatkan DNA berupa pellet. Hasil tersebut dielektroforesis untuk melihat genom pada hasil ekstraksi DNA yang dapat dilihat pada Gambar 3.



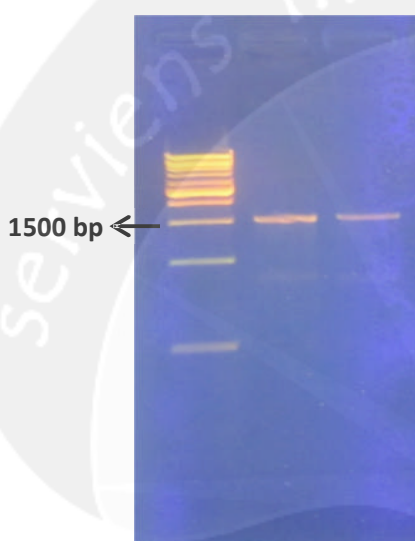
Gambar 3. Visualisasi Hasil Ekstraksi DNA

Berdasarkan hasil visualisasi isolasi atau ekstraksi DNA didapatkan bahwa DNA masih berupa genom-genom yang terlihat pada *band* yang ukurannya lebih dari 10000 bp. Kemudian masing-masing isolat yang hasil visualnya bagus diuji kemurnian DNA dan diukur konsentrasi DNA. Hasil yang didapatkan pada isolat SB1 adalah 1,93 dan Isolat SB2 adalah 1,94. Hasil pengukuran konsentrasi isolat SB1 sebesar 6,63 $\mu\text{g/ml}$ dan konsentrasi isolat SB2 sebesar 51,65 $\mu\text{g/ml}$.

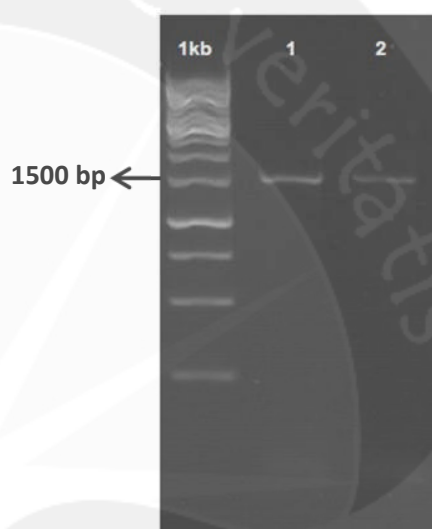
Selanjutnya tahap amplifikasi DNA, masing-masing hasil ekstraksi atau isolasi DNA isolat SB1 dan isolat SB2 yang telah diketahui konsentrasinya diencerkan sesuai dengan konsentrasi yang diperhitungkan dan dimasukkan ke dalam tabung PCR sebagai DNA *template*. Selanjutnya *master mix* dibuat dengan mendesain atau menambahkan beberapa larutan ke dalam tabung PCR, pada penelitian ini berupa *GoTag Green master mix*, primer universal *primer forward* (27F) dan *primer reverse* (1492R), dan ddH₂O. Menurut Frank dkk. (2008) Penggunaan primer universal 27F dan 1492R dapat memperoleh ampikon fragmen gen 16 rRNA dengan ukuran ± 1465 bp, dan kedua primer ini biasa digunakan untuk identifikasi gen 16S rRNA bakteri (16S rDNA).

Hasil amplifikasi DNA masing-masing isolat SB1 dan SB2 kemudian elektroforesis dengan tujuan untuk melihat *band - band* dari DNA hasil dari amplifikasi DNA yang hasilnya divisualisasi dengan UV dan dapat dilihat pada

Gambar 4. Hasil yang didapatkan bahwa DNA berada pada daerah marker 1500 bp, hal ini menunjukkan bahwa tahap amplifikasi DNA berhasil dengan memperlihatkan *smear band*. Kemudian dipurifikasi dan sekuesing, yang hasil purifikasi dapat dilihat pada Gambar 5. dan didapatkan *singel band*. Tujuan purifikasi bertujuan untuk menghilangkan sisa enzim-enzim polymerase, dNTPs, dan sisa-sisa reagen amplifikasi lainnya.

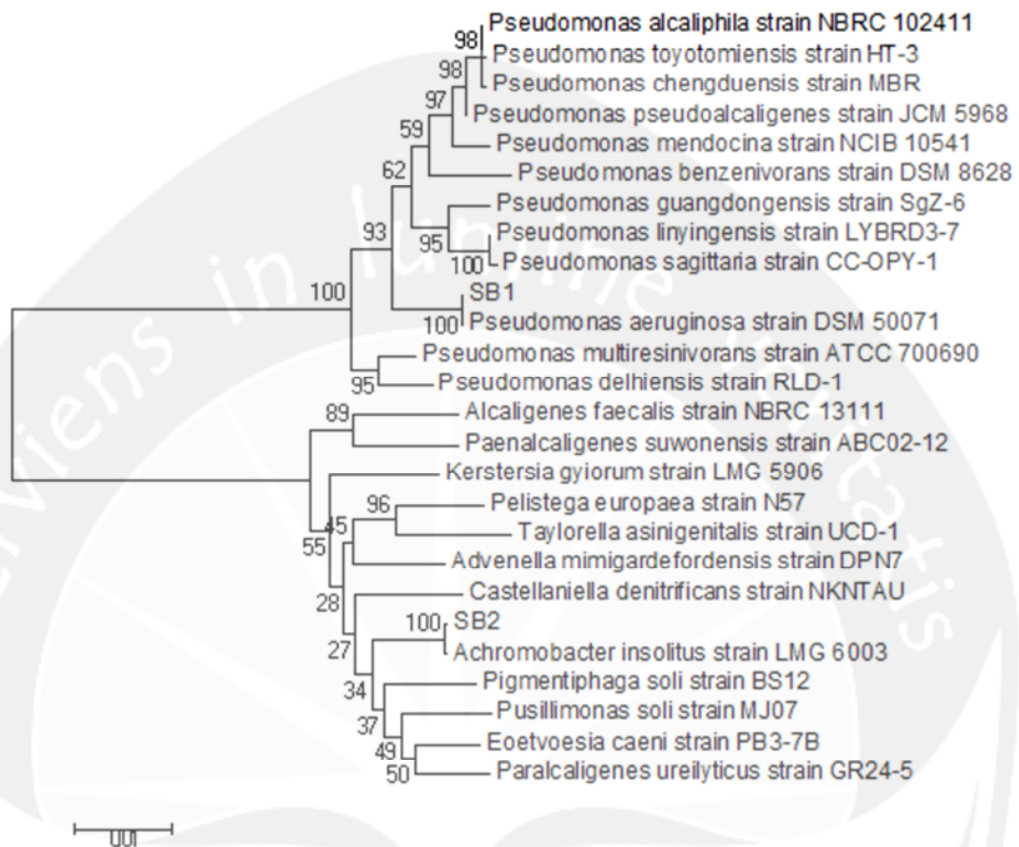


Gambar 4. Visualisasi Hasil Amplifikasi DNA



Gambar 5. Visualisasi Hasil Purifikasi DNA

Hubungan kekerabatan genetik bakteri pendegradasi hidrokarbon diketahui dengan analisis urutan basa nitrogen gen 16S rRNA (16S rDNA). Dianalisis dengan menggunakan program aplikasi *DNA Baser* untuk mendapatkan urutan basa nitrogen *strain* acuan pada *Genbank National Center for Biotechnology Information* (NCBI) menggunakan *Basic Local Alignment Search Tool* (BLAST). Pohon filogenetik hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 6. Berdasarkan pohon filogenetik yang terbentuk, isolat SB1 termasuk dalam genus *Pseudomonas*; memiliki hubungan kekerabatan sangat dekat dengan *Pseudomonas aeruginosa*. Isolat SB2 termasuk dalam genus *Achromobacter*; memiliki hubungan kekerabatan sangat dekat dengan *Achromobacter insolitus*.



Gambar 6. Pohon Filogenetik Isolat Bakteri SB1 dan SB2.

D. Kepadatan Isolat Bakteri SB1 dan SB2

Isolat bakteri yang telah teridentifikasi kemudian masing-masing yaitu SB1 dan SB2 dilakukan perhitungan jumlah koloninya. Mengetahui kepadatan bakteri dalam sebuah isolat sangat perlukan dilakukan sebelum pengaplikasian dalam proses remediasi limbah cair oli bekas kendaraan bermotor. Kepadatan bakteri dihitung menggunakan metode tidak langsung. Metode tidak langsung bisa disebut sebagai perhitungan jumlah bakteri yang hidup (*viable count*).

Ukuran besarnya populasi dari isolat SB1 dan SB2 menjadi salah satu faktor dalam mempengaruhi kecepatan biodegradasi. Menurut Budiawan dkk. (2009) dari sejumlah faktor yang bisa mempengaruhi kecepatan dari biodegradasi diantaranya merupakan ukuran populasi, daya adaptasi bakteri yang digunakan,

dan jumlah konsentrasi senyawa kimia yang didegradasi. Kepadatan isolat bakteri SB1 sebesar 137×10^6 dan isolat SB2 sebesar 295×10^6 .

E. Kualitas Limbah Cair Oli Bekas Kendaraan Bermotor

Oli bekas kendaraan bermotor terlebih dahulu dilakukan pengukuran beban cemaran yang terkandung di dalamnya sebelum diremediasi. Pengukuran berupa kadar BOD, TSS, dan TPH yang terdapat pada cairan lumpur aktif hari ke 0. Hasil rata-rata pengukuran sebelum melalui proses degradasi untuk mengetahui kualitas limbah oli bekas kendaraan bermotor dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan hasil pengujian terhadap pengukuran beban cemar oli bekas kendaraan bermotor sangat besar dan melebihi ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan.

Tabel 2. Kualitas Limbah Oli Bekas Kendaraan Bermotor Sebelum Degradasi

Parameter	Kadungan Senyawa Sebelum Degradasi	Baku Mutu Limbah
BOD	193,33 mg/L	50 mg/L*
TSS	746 mg/L	40 mg/L *
TPH	226,35 mg/L	20-25 mg/L**

Sumber: *Gubernur DIY (Surat Keputusan) (2016), **Kementerian Lingkungan Hidup (Kepmen No. 19) (2010)

F. Pengukuran Aktifitas Degradasi

1. BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Limbah oli bekas kendaraan bermotor memiliki kandungan-kandungan senyawa kimia organik dan anorganik yang berbahaya bagi lingkungan. Kadar BOD menunjukkan jumlah oksigen yang telah dipakai oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air (McKinney, 1965). Hasil proses biodegradasi senyawa-senyawa organik yang dilakukan oleh bakteri dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kadar BOD (mg/L) pada Limbah Oli Bekas Kendaraan Bermotor

Volume	Hari ke-0	Hari ke-14						Rata-rata	
		Bakteri				Campuran			
		SB1		SB2		Kadar	Persentase Penurunan	Kadar	Persentase Penurunan
20 ml	200	105 ^a	43,96 ^a	98,33 ^a	48,86 ^a				
30 ml	220	89,17 ^a	54,90 ^a	125 ^a	32,12 ^a	176,67 ^a	4,35 ^a	130,28 ^{AB}	30,46 ^{AB}
40 ml	160	205 ^a	-2,27 ^a	160 ^a	13,98 ^a	160 ^a	13,87 ^a	175,00 ^B	8,52 ^B
Rata-rata	193,33	133,06 ^X	32,19 ^X	127,78 ^X	31,65 ^X	141,67 ^X	24,01 ^X		

Keterangan: Angka yang ditandai dengan huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan adanya beda nyata pada $\alpha = 0,05$.

Berdasarkan hasil yang didapatkan selama remediasi melalui metode atau cara lumpur aktif, tiap-tiap perlakuan mampu mendegradasi senyawa-senyawa organik yang terdapat dalam limbah oli bekas kendaraan bermotor. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada variasi perlakuan penambahan volume isolat dominan terdapat perbedaan yang nyata pada tingkat kepercayaan 95% antar tiap volume, hal ini menunjukkan penambahan jumlah bakteri dominan yang berperan dalam pendegradasian senyawa-senyawa organik sangat berpengaruh dan hasil terbaik terdapat pada volume 20 ml yaitu sebesar 97,22 mg/L (48,88%). Berbeda dengan pada variasi perlakuan penambahan jenis isolat dominan tidak terdapat perbedaan yang nyata pada tingkat kepercayaan 95% antar tiap jenis, hal ini menunjukkan penambahan jenis bakteri dominan yang berperan dalam pendegradasian senyawa-senyawa organik tidak berpengaruh. Hasil terbaik terdapat pada jenis isolat SB2 yaitu sebesar 127,78 mg/L (31,65%). Walaupun telah terjadi penurunan kandungan BOD pada limbah oli bekas kendaraan bermotor, nilai BOD tersebut masih di atas baku mutu limbah cair untuk kegiatan otomotif/karoseri yang ditetapkan oleh Badan Lingkungan Hidup Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sebesar 50 mg/L (Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta, 2016). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan laju atau besarnya pendegradasian senyawa-senyawa organik agar didapatkan baku mutu yang diharapkan.

2. TSS (*Total Suspended Solid*)

TSS (*Total Suspended Solid*) merupakan jumlah berat zat padat organik maupun anorganik atau partikel-partikel limbah murni yang telah mengalami penyaringan dan pengeringan hingga mencapai berat yang stabil atau konstan, sehingga tidak lagi dipengaruhi oleh kandungan air (Mahida, 1984). Hasil pengukuran padatan tersuspensi limbah oli bekas kendaraan bermotor yang dilakukan oleh bakteri dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kadar TSS (mg/L) pada Limbah Oli Bekas Kendaraan Bermotor

Volume	Hari ke-0	Hari ke-14						Rata-rata	
		Bakteri							
		SB1		SB2		Campuran			
Kadar	Persentase Penurunan	Kadar	Persentase Penurunan	Kadar	Persentase Penurunan	Kadar	Persentase Penurunan		
20 ml	695	234,67 ^a	67,96 ^a	275 ^a	59,91 ^a	386,33 ^a	47,39 ^a	298,67 ^A	58,42 ^A
30 ml	598	302,67 ^a	55,46 ^a	344 ^a	54,90 ^a	593,67 ^a	17,33 ^a	413,44 ^A	42,56 ^A
40 ml	945	540,67 ^a	20,42 ^a	569,67 ^a	19,74 ^a	312 ^a	58,43 ^a	474,11 ^A	32,86 ^A
Rata-rata	746	359,33 ^X	47,95 ^X	396,22 ^X	44,85 ^X	430,67 ^X	41,05 ^X		

Keterangan: Angka yang ditandai dengan huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan adanya beda nyata pada $\alpha = 0,05$.

Berdasarkan hasil yang didapatkan selama remediasi melalui metode atau cara lumpur aktif, tiap-tiap perlakuan mampu merombak zat padat tersuspensi yang terdapat dalam limbah oli bekas kendaraan bermotor. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada variasi perlakuan penambahan volume dan jenis isolat dominan tidak terdapat perbedaan yang nyata pada tingkat kepercayaan 95% antar tiap volume dan antar tiap jenis. Hasil terbaik terdapat pada volume 20 ml yaitu sebesar 298,67 mg/L (58,42%), dan hasil terbaik terdapat pada jenis isolat SB1 yaitu sebesar 359,33 mg/L (47,95%). Perbedaan antara volume dan jenis isolat dominan memiliki keefektifan penurunan kadar TSS yang sama karena isolat-isolat tersebut berasal dari tempat yang sama dan memiliki tugas yang sama dalam penurunan kadar TSS limbah oli bekas kendaraan bermotor. Walaupun telah terjadi penurunan kandungan TSS pada limbah oli bekas kendaraan bermotor, nilai TSS tersebut masih di atas baku mutu limbah cair untuk kegiatan otomotif/karoseri yang ditetapkan oleh Badan Lingkungan Hidup Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sebesar 40 mg/L (Gubernur Daerah Istimewa

Yogyakarta, 2016). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan laju atau besarnya perombakan senyawa-senyawa atau zat padat tersuspensi agar didapatkan.

3. TPH (*Total Petroleum Hydrocarbon*)

Total Petroleum Hydrocarbon (TPH) merupakan pengukuran konsentrasi pencemar hidrokarbon minyak bumi dalam tanah atau serta seluruh pencemar hidrokarbon minyak dalam suatu sampel tanah (Zhyahrial dkk., 2014). Oleh karena itu remediasi dengan bakteri lokal pada limbah oli bekas kendaraan bermotor ini juga dilihat kandungan *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH) yang ada pada limbah. Hasil proses biodegradasi hidrokarbon minyak bumi yang dilakukan oleh bakteri dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kadar TPH pada Limbah Oli Bekas Kendaraan Bermotor

Volume	Hari ke-0	Hari ke-14						Rata-rata	
		Bakteri				Campuran			
		SB1		SB2				Kadar	Persentase Penurunan
	Kadar	Persentase Penurunan	Kadar	Persentase Penurunan	Kadar	Persentase Penurunan	Kadar	Persentase Penurunan	
20 ml	225,21	213,18 ^a	5,82 ^a	200,50 ^a	11,42 ^a	200,25 ^a	11,53 ^a	204,64 ^B	9,59 ^B
30 ml	227,49	191,76 ^a	15,28 ^A	182,18 ^a	19,51 ^a	218,34 ^a	3,51 ^a	197,43 ^A	12,77 ^A
40 ml	226,34	198,97 ^a	12,16 ^a	194,22 ^a	14,19 ^a	187,90 ^a	16,96 ^a	193,70 ^A	14,44 ^A
Rata-rata	226,35	201,30 ^Y	11,09 ^Y	192,30 ^X	15,04 ^X	202,16 ^Y	10,66 ^Y		

Keterangan: Angka yang ditandai dengan huruf yang berbeda pada kolom dan baris yang sama menunjukkan adanya beda nyata pada $\alpha = 0,05$.

Berdasarkan hasil yang didapatkan selama remediasi melalui metode atau cara lumpur aktif, tiap-tiap perlakuan mampu mendegradasi hidrokarbon yang terdapat dalam limbah oli bekas kendaraan bermotor. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada variasi perlakuan penambahan volume dan jenis isolat dominan terdapat perbedaan yang nyata pada tingkat kepercayaan 95% antar tiap volume dan antar tiap jenis, hal ini menunjukkan penambahan jumlah dan jenis bakteri dominan yang berperan dalam pendegradasian hidrokarbon sangat berpengaruh. Hasil terbaik terdapat pada volume 40 ml yaitu sebesar 193,70 mg/L (14,4%), dan hasil terbaik terdapat pada jenis isolat SB2 yaitu sebesar 192,30 mg/L (15,04%). Walaupun telah terjadi penurunan kadar TPH pada limbah oli bekas

kendaraan bermotor, nilai TPH tersebut masih di atas baku mutu limbah cair untuk kegiatan otomotif/karoseri yang ditetapkan oleh Peraturan Pemerintah nomor 19 sebesar 20-25 mg/L (Kementrian Lingkungan Hidup, 2010). Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan laju atau besarnya pendegradasian senyawa-senyawa hidrokarbon agar didapatkan baku mutu yang diharapkan.

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dalam remediasi oli bekas kendaraan bermotor menggunakan bakteri lokal dominan sebagai berikut :

1. Bakteri lokal dominan yang ditemukan pada oli bekas kendaraan bermotor ialah isolat SB1 yang mempunyai hubungan kekerabatan yang sangat dekat dengan *Pseudomonas aeruginosa*; serta isolat SB2 yang mempunyai hubungan kekerabatan yang sangat dekat dengan *Achromobacter insolitus*.
2. a. Penambahan isolat SB2 mampu melakukan bioremediasi dengan menurunkan kadar BOD dengan persentase penurunan sebesar 31,65% dan menurunkan kadar TPH dengan persentase penurunan sebesar 15,04% pada limbah cair oli bekas kendaraan bermotor; isolat SB1 mampu menurunkan kadar TSS.
b. Penambahan isolat volume sebanyak 20 ml (SB1 sebesar 2.740×10^6 ; SB2 sebesar 5.900×10^6) mampu melakukan bioremediasi dengan menurunkan kadar BOD dengan persentase penurunan sebesar 48,88% dan menurunkan kadar TSS dengan persentase penurunan sebesar 58,42%; volume isolat sebanyak 40 ml (SB1 sebesar 5.480×10^6 ; SB2 sebesar 11.800×10^6) mampu menurunkan TPH.
3. Isolat SB2 dan volume 20 ml (SB1 sebesar 2.740×10^6 ; SB2 sebesar 5.900×10^6) merupakan isolat dan jumlah yang cenderung lebih baik dalam meremediasi oli bekas kendaraan bermotor.

B. Saran

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

1. Perlu adanya penelitian lanjutan untuk mengetahui kondisi optimal baik itu jenis bakteri hidrokarbonoklastik, jumlah volume isolate yang ditambahkan, maupun waktu uji aktivitas degradasi pada proses bioremediasi oli bekas kendaraan bermotor dengan metode lumpur aktif
2. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai oli bekas kendaraan bermotor dengan parameter yang berkaitan dengan mikroorganisme dan juga berkaitan langsung dengan lingkungan, seperti parameter kandungan cemaran logam ataupun kandungan *Polychlorinated Biphenyls* (PCBs) dan *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons* (PAHs).
3. Perlu adanya penelitian lanjutan dengan membandingkan dengan perlakuan control, yaitu tanpa variasi perlakuan penambahan jenis isolat dan penambahan volume isolat sehingga didapatkan seberapa efektif proses bioremediasi oli bekas kendaraan bermotor dengan lumpur aktif.
4. Perlu adanya penelitian lanjutan dengan mengidentifikasi jenis bakteri dari tanah dan oli bekas untuk mengetahui keberadaan isolat alami.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmadi, dan Suharno. 2012. *Dasar-dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah*. Gsyen Publishing, Yogyakarta.
- Budiawan, Fatisa, Y., dan Khairani, N. 2009. Optimasi Biodegradabilitas dan Uji Toksisitas Hasil Degradasi Surfaktan Linear Alkil Benzena Sulfonat (LAS) sebagai Bahan Deterjen Pembersih. *Makara Sains*. 13(2): 125-133.
- Frank, J. A., Reich, C. L., Sharma, S., Weisbaum, J. S., Wilson, B. A., dan Olsen, G. J. 2008. Critical Evaluation of Two primers Commonly Used for Amplification of 16S rRNA Genes. *Journal of Applied and Environmental Microbiology*. 74(8): 2461-2470.

- Ginting, P. 1995. *Mencegah dan Mengendalikan Pencemaran Industri*. Pustaka Sinar Harapan, Jakarta.
- Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta. 2016. Baku Mutu Air Limbah. *Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016*. Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta, Yogyakarta.
- Herlambang, A., dan Wahjono, H. D. 1999. *Teknologi Pengolahan Limbah Tekstil dengan Sistem Lumpur Aktif*. Kelompok Teknologi Pengelolaan Air Bersih dan Limbah Cair Direktorat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Informasi, Energi, Material, dan Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2010. Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi. *Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2010*. Presiden Republik Indonesia, Indonesia.
- Kurniawan, F. H. 2014. Pengaruh Tumpahan Bahan Bakar Minyak dan Oli Terhadap Kinerja Campuran Lataston-WC dengan Menggunakan Metode Marshall. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 2(3): 553-559.
- Mahida, U. N. 1984. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*, C.V Rajawali, Jakarta.
- McKinney, R. 1965. *Microbiology for Sanitary Engineers*. McGraw-Hill, New York.
- Mukhlisoh, I. 2012. Pengolahan Limbah B3 Bengkel Resmi Kendaraan Bermotor Roda Dua di Surabaya Pusat. *ITS Paper*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Sumastri. 2005. *Bioremediasi Lumpur Minyak Bumi Secara Pengomposan Menggunakan Kultur Bakteri Hasil Seleksi*. PPPPTK IPA, Bandung.
- Sunarti, T. C., Suprihatin, dan Lauda, R. D. 2014. Stabilisasi Sludge dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) menggunakan Starter Bakteri Indigenous pada Aerobic Sludge Digester. *E-Jurnal Agroindustri Indonesia*. 3(1) : 199-213.
- Surtikanti, H., dan Surakusumah, W. 2004. Studi Pendahuluan Tentang Peranan Tanaman dalam Proses Bioremediasi Oli Bekas dalam Tanah Tercemar. *Ekologi dan Biodiversitas Tropika*. 2(1): 11-14.
- Zhyahrial, F. F., Rahayu, Y. S. dan Yuliani. 2014. Bioremediasi dengan Teknik Biostimulasi Tanah Tercemar Minyak Bumi dengan Menggunakan Kompos Kombinasi Limbah Media Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) dan *Azolla*. *Jurnal LenteraBio*. 3(3): 141-146.