

Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak Dari Perairan Sekitar Pelabuhan Bengkalis Provinsi Riau

Isolation Of Oil Degradation Bacteria From Pair About Port Bengka- lis Provinsi Riau

Nadia Andhini^{1*}, Nursyirwani², Syahril Nedi²

¹Mahasiswa Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau

²Dosen Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Riau

*Email: nadiaandhini56@gmail.com

Abstrak

Bakteri pendegradasi minyak dapat dijumpai pada berbagai habitat di lingkungan perairan laut termasuk di perairan sekitar pelabuhan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi bakteri pendegradasi minyak dari perairan sekitar pelabuhan Bengkalis dan menguji kemampuannya dalam mendegradasi minyak mentah. Isolasi bakteri pendegradasi telah dilakukan pada bulan Februari sampai dengan April 2017 di Laboratorium Mikrobiologi Laut, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Riau. Jumlah bakteri pendegradasi minyak berkisar dari $0,2 \times 10^5$ sampai $8,9 \times 10^5$ CFU/ml. Hasil isolasi didapatkan sepuluh isolat bakteri pendegradasi minyak, yaitu isolat BM1a, BM1b, BM1c, BM1d, BM7a, BM7b, BM7c, BM7d, BM14a dan BM14b. Dari isolat yang didapat karakteristik morfologi, fisiologis dan biokimia dari masing-masing isolat yaitu semua isolat berbentuk bulat dan elevasi timbul, enam isolat berwarna putih, tiga isolat berwarna kuning, satu isolat berwarna krem, delapan isolat dengan pinggiran licin dan dua isolat dengan pinggiran berombak, tujuh isolat bersifat indol positif, dua isolat menghasilkan H₂S, empat isolat bersifat *methyl red* positif, semua isolat bersifat motil, mampu melakukan fermentasi glukosa dan sukrosa pada uji gula, mampu memfermentasi citrat, katalase positif dan bakteri Gram negatif. Untuk uji degradasi hanya lima isolat bakteri yang diuji yang terdiri dari BM1a, BM1b, BM1c, BM7a dan BM7d. Degradasi tertinggi pada konsentrasi 1% ditunjukkan pada isolat BM1a, degradasi tertinggi pada konsentrasi 2% dan 3% ditunjukkan pada isolat BM1c. Dengan demikian, bakteri yang mampu mendegradasi minyak mentah tertinggi adalah isolat BM1c.

Kata Kunci: *Isolasi, Bakteri, Degradasi, CrudeOil*

Abstract

Oil degradation bacteria can be found in various habitats in the marine environment including in the waters around the harbor. This study aims to isolate the oil degrading bacteria from waters around the port of Bengkalis and test its ability to degrade crude oil. Isolation of the degrading bacteria has been done from February to April 2017 at the Marine Microbiology Laboratory, Department of Marine Science, Faculty of Fisheries and Marine University of Riau. The amount of oil degrading bacteria ranges from 0.2×10^5 to 8.9×10^5 CFU/ml. The isolation result was obtained by 10 isolates of oil degradation bacteria, ie BM1a, BM1b, BM1c, BM1d, BM7a, BM7b, BM7c, BM7d, BM14a and BM14b. Identification based on morphological, physiological and biochemical characteristics of each isolate, all isolates were round and elevated, six were white in color, three were yellow, one cream-colored isolate, eight isolates with slippery edges and two isolates with periphery waves, seven isolates were indol positive, two isolates produced H₂S, four isolates were methyl red positive, all isolates were motile, capable of fermentation of glucose and sucrose in sugar test, able to ferment citrate, positive catalase and Gram negative bacteria. For degradation test only five bacterial isolates were selected of BM1a, BM1b, BM1c, BM7a and BM7d. The highest degradation at 1% concentration was indicated by isolate BM1a, the highest degradation at 2% and 3% concentrations was indicated by BM1c isolate. Therefore, bacteria isolate capable of degrading the highest crude oil was BM1c.

Keywords: *Isolation, Bacteria, Degradation, Crude Oil*

Diterima:
24 Maret 2018

Disetujui
24 Agustus 2018

1. Pendahuluan

Penghasilan terbesar Kabupaten Bengkalis adalah minyak bumi yang menjadi sumber terbesar APBD-nya bersama dengan gas. Kabupaten Bengkalis mempunyai letak yang sangat strategis, karena dilalui oleh jalur perkapalan internasional menuju ke Selat Malaka. Kabupaten Bengkalis adalah penghasil minyak terbesar di provinsi Riau dan di Indonesia. Eksplorasi minyak ini dilakukan oleh PT. Pertamina RU II Sungai Pakning, PT. Caltex Pacific Indonesia dan konsesi dengan PT. Kondur Petroleum.

Pengendalian pencemaran dengan mikroba tengah berkembang dan berpotensi di masa mendatang karena teknologinya yang ramah lingkungan (mengurangi dampak penggunaan bahan kimia). Pada lingkungan yang telah lama tercemar serta kolam pengolahan limbah dimungkinkan terdapat bakteri pendegradasi minyak tersebut secara alamiah, bersaing maupun berkonsorsia dengan mikroorganisme lainnya (Cooper *et al.*, 1990).

Bakteri pendegradasi hidrokarbon merupakan bakteri yang dapat memutuskan ikatan karbon yang terdapat dalam senyawa hidrokarbon yang seringkali berbahaya menjadi struktur lain yang ramah lingkungan (Madsen, 2008).

Bakteri yang berpotensi dalam mendegradasi hidrokarbon dan diisolasi dari daerah yang telah lama terkontaminasi senyawa hidrokarbon, seperti perairan di daerah sekitar tangki penyimpanan minyak bumi. Isolasi dapat dilakukan dengan cara sebar (*spread-plate*), tuang (*pour-plate*) atau gores (*streak-plate*) (Cappuccino dan Sherman, 2002).

Isolasi dan seleksi awal akan menentukan bakteri mana yang sesungguhnya berperan dan berpotensi untuk dikembangkan dan dimanfaatkan secara khusus dalam penanganan pencemaran minyak atau lemak (Sugiato *et al.*, 2003).

Tujuan penelitian ini ialah untuk memperoleh isolat bakteri yang mampu mendegradasi minyak dari perairan sekitar pelabuhan Bengkalis Provinsi Riau dan menguji kemampuan isolat bakteri dalam mendegradasi minyak mentah.

2. Bahan dan Metode

2.1 Metode Penelitian

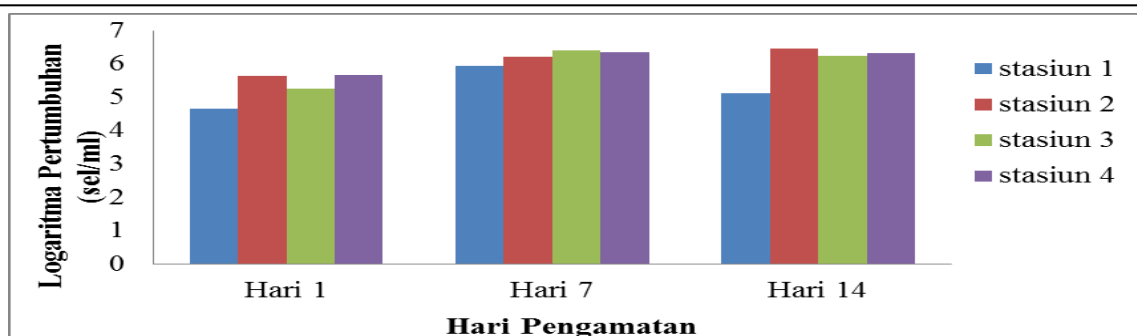
Metode penelitian yang digunakan yaitu metode survei dan eksperimen. Metode survei dilakukan dengan mengisolasi bakteri pendegradasi minyak dari sampel air laut. Metode eksperimen dilakukan untuk menguji kemampuan isolat bakteri dalam mendegradasi minyak mentah (*Crude Oil*). Rancangan percobaan yang digunakan dalam uji degradasi adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Untuk melihat perbedaan kemampuan isolat uji dalam mendegradasi *crude oil* maka digunakan analisis variasi (ANOVA). Jika terdapat perbedaan antara perlakuan, maka dilakukan uji lanjut dengan uji *Least Significance Different* (LSD).

2.2 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel ialah air laut yaitu dengan empat stasiun, pengambilan sampel yaitu pada stasiun 1 di perairan sekitar daerah yang tidak terkena tumpahan minyak sedangkan stasiun 2, 3 dan 4 di perairan sekitar pelabuhan Bengkalis. Pada tiap stasiun berdasarkan posisi keterwakilan areal penelitian yang dilakukan secara acak. Untuk pengukuran kualitas perairan dilakukan saat pengambilan sampel air laut di masing-masing stasiun. Pengukuran kualitas air yang dilakukan ialah suhu, salinitas, pH, DO, kecepatan arus dan kecerahan. *crude oil* jenis *Duri Crude Oil* diambil dari PT. Chevron Duri.

2.3 Isolasi dan Pemurnian Bakteri

Isolasi dan pemurnian bakterimenggunakan medium basal yang digunakan adalah *Stone Mineral Salt Solution* (SMSS) yang terdiri dari 0,5 g CaCO_3 ; 0,25 g NH_4NO_3 ; 0,1 g $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,05 g KH_2PO_4 ; 0,05 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; dan 0,02 g $\text{MnCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ yang dilarutkan dalam 200 ml air laut. Ekstrak ragi sebanyak 0,02 g ditambahkan ke dalam medium SMSS sebagai sumber nitrogen dalam bentuk asam amino dan *growth factor* tambahan, dalam medium tersebut ditambahkan minyak mentah sebanyak 2% sebagai sumber karbon, dan pH medium ini adalah 6,8-7 (Sharpley, 1966). Isolasi dilakukan dengan memasukkan sampel air laut yang terkena tumpahan minyak sebanyak 2% ke dalam media tumbuh yang mengandung minyak. Kemudian diinkubasi selama 14 hari pada suhu ruang dengan diaduk di atas *shaker* pada kecepatan 120 rpm. Untuk keperluan isolasi, sampel diambil pada hari ke-1, 7 dan 14. Isolasi dilakukan dengan metode pengenceran 10^{-1} sampai 10^{-5} dengan larutan fisiologis 0,9%, isolat dibiakkan di atas lempeng agar yang mengandung media tumbuh dengan



Gambar 1. Perkembangan Jumlah Bakteri Pendegradasi *crude oil* dari Perairan Sekitar Pelabuhan Bengkalis

minyak 2% dan bacto agar sebanyak 2% sebagai pematat dengan metode cawan sebar sebanyak 0,1 ml dengan menggunakan *hockey stick* lalu diinkubasi pada suhu 30°C selama 48 jam. Setiap isolat yang berbeda dimurnikan kembali pada medium padat (Cappucino dan Sherman, 1987)

2.4 Karakteristik Isolat Bakteri Pendegradasi Minyak

Karakteristik isolat bakteri pendegradasi minyak dilakukan secara morfologis, fisiologis dan biokimia. Pengamatan morfologis dilakukan secara langsung terhadap isolat untuk melihat penampakan koloni berupa bentuk, ukuran, warna dan elevasi. Sedangkan fisiologis dengan cara uji pewarnaan Gram dilakukan untuk melihat bentuk-bentuk sel bakteri dan untuk mengetahui golongan bakteri termasuk Gram positif atau Gram negatif. Pengamatan dilanjutkan dengan uji biokimia untuk menentukan jenis isolat bakteri yang diperoleh yang terdiri dari uji indol, uji motilitas, uji gula, uji H₂S, uji *methyl red*, uji citrat dan uji katalase.

2.5 Uji Kemampuan Isolat Bakteri dalam Mendegradasi Crude Oil

Masing-masing isolat bakteri yang telah dimurnikan dalam bentuk suspensi diambil sebanyak satu ml lalu ditambahkan ke dalam medium SMSSe cair (100 ml) yang mengandung *crude oil* 1% (1 ml), 2% (2 ml) dan 3% (3 ml) secara terpisah dan juga tanpa bakteri (kontrol). Kultur diinkubasi pada suhu ruang dan diaduk di atas *shaker* dengan kecepatan 120 rpm, lalu dilakukan analisis kadar minyak tersisa pada hari ke-7.

2.6 Kadar Minyak Sisa dianalisis Secara Gravimetri

Media tumbuh hasil perlakuan dan kontrol dimasukkan ke dalam corong pisah, ditambahkan 3 ml HCl 3 N dan 40 ml n-heksan hasil pemurnian dengan destilasi bertingkat pada suhu 60°C, kemudian dikocok selama ± 15 menit lalu didiamkan sampai n-heksan terpisah, sehingga terbentuk tiga lapisan yaitu minyak, n-heksan dan air. Bagian air dibuang, lapisan minyak dan n-heksan disaring dengan kertas saring yang telah diolesi ± 0,5 g Na₂SO₄ ke dalam gelas kimia 200 ml yang telah ditimbang. Selanjutnya gelas kimia dipanaskan pada suhu 90°C (sesuai dengan titik didih n-heksan) sampai n-heksan habis, airnya habis menguap dan yang tersisa hanya minyak. Gelas kimia tersebut diangkat dan didiamkan sampai dingin lalu ditimbang dan dicatat beratnya (APHA, 1981).

Kadar minyak dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar minyak (g)} = (W_2 - W_1)$$

Dimana : W₁ = Berat gelas kimia kering (g)

W₂ = Berat gelas kimia dengan kadar minyak yang diperoleh (g)

2.7 Analisis data

Data jumlah bakteri pendegradasi minyak pada sampel air laut, kemampuan degradasi minyak *crude oil* disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Data kemudian dianalisis secara Statistik dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL).

3. Hasil dan Pembahasan

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada hari pertama jumlah bakteri pendegradasi minyak tertinggi ditemui pada stasiun 4, pada hari ketujuh jumlah bakteri pendegradasi minyak tertinggi pada stasiun 3, pada hari 14

Tabel 1. Karakteristik Morfologi Isolat Bakteri Pendegradasi Crude Oil

Hari	Isolat Bakteri	Bentuk	Morfologi		
			Warna	Tepian	Elevasi
Hari 1	BM 1a	Bulat	Kuning Kecil	Berombak	Timbul
	BM 1b	Bulat	Krem Kecil	Licin	Timbul
	BM 1c	Bulat	Putih Kecil	Licin	Timbul
	BM 1d	Bulat	Putih Besar	Licin	Timbul
Hari 7	BM 7a	Bulat	Putih Besar	Licin	Timbul
	BM 7b	Bulat	Kuning Kecil	Berombak	Timbul
	BM 7c	Bulat	Putih Kecil	Licin	Timbul
	BM 7d	Bulat	Kuning Besar	Licin	Timbul
Hari 14	BM 14a	Bulat	Putih Kecil	Licin	Timbul
	BM 14b	Bulat	Putih Besar	Licin	Timbul

jumlah bakteri pendegradasi minyak tertinggi pada stasiun 2.

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa semua isolat bakteri yang didapat yaitu sepuluh isolat berbentuk bulat dan elevasi timbul, enam isolat berwarna putih, tiga isolat berwarna kuning, satu isolat berwarna krem, delapan isolat dengan pinggiran licin dan dua isolat dengan pinggiran berombak.

Pada Tabel 2 dapat dilihat jumlah bakteri pendegradasi minyak berkisar antara $8,9 \times 10^5$ sampai $0,2 \times 10^5$ CFU/ml. Jumlah bakteri pendegradasi minyak tertinggi terdapat pada hari ketujuh isolat BM7c, jumlah bakteri pendegradasi minyak terendah terdapat pada hari ketujuh isolat BM7d.

Pada Tabel 3 dilihat bahwa semua isolat yang diuji diantaranya tujuh isolat bersifat indol positif, dua isolat menghasilkan H_2S , empat isolat bersifat *methyl red* positif, semua isolat bersifat motil, mampu melakukan fermentasi glukosa dan sukrosa pada uji gula, mampu memfermentasi citrat, katalase positif dan bakteri Gram negatif.

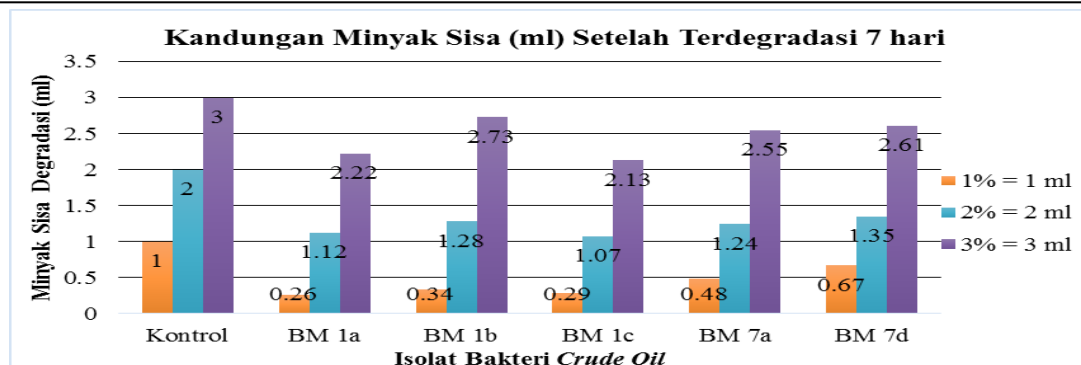
Semua isolat bakteri pendegradasi minyak mampu mendegradasi *crude oil* sesuai konsentrasi yang ditentukan. Kemampuan isolat bakteri dalam mendegradasi *crude oil* dapat dilihat pada Gambar 2, isolat bakteri uji terdiri dari BM1a, BM1b, BM1c, BM7a dan BM7d. Degradasi tertinggi konsentrasi 1% ditunjukkan pada isolat BM1a, degradasi tertinggi konsentrasi 2% ditunjukkan pada isolat BM1c dan degradasi tertinggi

Tabel 2. Jumlah Koloni Bakteri Pendegradasi Crude Oil

Hari Pengamatan	Isolat Bakteri	Jumlah Koloni (CFU/ml)
Hari 1	BM 1a	$1,4 \times 10^6$
	BM 1b	5×10^4
	BM 1c	$4,3 \times 10^5$
	BM 1d	$3,7 \times 10^5$
Hari 7	BM 7a	$5,2 \times 10^7$
	BM 7b	$1,9 \times 10^6$
	BM 7c	$8,9 \times 10^5$
	BM 7d	2×10^6
Hari 14	BM 14a	$8,1 \times 10^5$
	BM 14b	$7,4 \times 10^5$

Tabel 3. Karakteristik Biokimia dan Fisika

Uji Isolat	Indol	Motilitas	H_2S	Gula	Methyl Red	Sitrat	Katalase	Sifat Gram
Hari 1	BM 1a	+	Motil	+	GSF	-	+	-
	BM 1b	+	Motil	+	GSF	-	+	-
	BM 1c	-	Motil	-	GSF	-	+	-
	BM 1d	+	Motil	-	GSF	-	+	-
Hari 7	BM 7a	+	Motil	-	GSF	-	+	-
	BM 7b	+	Motil	-	GSF	+	+	-
	BM 7c	-	Motil	-	GSF	+	+	-
	BM 7d	+	Motil	-	GSF	+	+	-
Hari 14	BM 14a	-	Motil	-	GSF	-	+	-
	BM 14b	+	Motil	-	GSF	+	+	-

Gambar 2. Kemampuan Isolat Bakteri dalam Mendegradasi *Crude Oil*

konsentrasi 3% ditunjukkan pada isolat BM1c.

Isolasi yang dilakukan pada setiap stasiun didapatkan 10 isolat tumbuh dari pengamatan hari ke-1, 7 dan 14. Pada setiap pengamatan isolat bakteri pada masing-masing stasiun mengalami pertumbuhan yang baik. Pertumbuhan bakteri pendegradasi minyak tiap pengamatan semakin meningkat hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor kimia, fisika dan biologi. Jenis bakteri yang tumbuh pada setiap lokasi ini kemungkinan dipengaruhi oleh faktor lingkungan di sekitarnya. Bakteri melakukan adaptasi terhadap lingkungan sehingga mempengaruhi bentuk morfologi serta struktur anatomi dari bakteri tersebut untuk mempertahankan hidupnya (Ali, 2005).

Hasil isolasi bakteri pendegradasi minyak yang didapat di dilihat morfologi, fisiologi dan biokimia. Untuk morfologi didapat sepuluh isolat berbentuk bulat dan elevasi timbul, enam isolat berwarna putih, tiga isolat berwarna kuning, satu isolat berwarna krem, delapan isolat dengan pinggiran licin dan dua isolat dengan pinggiran berombak. Untuk fisiologis dan biokimia didapat tujuh isolat bersifat indol positif, dua isolat menghasilkan H_2S , empat isolat bersifat *methyl red* positif, semua isolat bersifat motil, mampu melakukan fermentasi glukosa dan sukrosa pada uji gula, mampu memfermentasi citrat, katalase positif dan bakteri Gram negatif.

Pengamatan dilakukan terhadap warna, pinggiran atau tepian, sifat permukaan, bentuknya dan pengamatan aktivitas metabolisme diketahui dari kemampuan mikroorganisma untuk menggunakan dan menguraikan molekul yang kompleks seperti zat pati, lemak, protein, asam nukleat dan juga dilakukan pada molekul yang sederhana seperti asam amino dan sakarida (Dachniar, 2012).

Jumlah bakteri pendegradasi minyak tertinggi terdapat pada hari ketujuh isolat BM7c yaitu dengan jumlah $8,9 \times 10^5$ CFU/ml, ini menunjukkan bahwa isolat bakteri tersebut dapat tumbuh pada daerah yang mengandung minyak dan menggunakan minyak tersebut sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan (Monica, 2015).

Untuk uji kemampuan degradasi *crude oil* dipilih lima isolat uji. Terlihat dari kelima isolat bakteri yang diujikan memperlihatkan pertumbuhan yang baik dan karakteristik yang berbeda. Kelima isolat bakteri pilihan yaitu isolat BM1a, BM1b, BM1c, BM7a dan BM7d.

Pemilihan isolat yang sesuai dan menciptakan kondisi lingkungan yang optimal untuk bakteri dapat mempercepat proses biodegradasi sehingga memungkinkan terjadinya pengurangan konsentrasi hidrokarbon secara maksimal. Selain itu, kemampuan mikroorganisme mendegradasi minyak bumi dan produk-produknya tergantung pada adaptasi dan fisiologis mikroorganisme tersebut dengan lingkungannya (Ali, 2005).

Degradasi tertinggi ditunjukkan oleh isolat BM1c yang mampu mendegradasi minyak sebanyak 0,93 ml dari 2 ml dengan konsentrasi 2% *crude oil* dan sebanyak 0,87 ml dari 3 ml dengan konsentrasi 3% *crude oil*. Uji degradasi terendah diperoleh isolat bakteri BM7d yang mampu mendegradasi minyak sebanyak 0,33 ml dari 1 ml dengan konsentrasi 1% *crude oil* dan sebanyak 0,87 ml dari 2 ml dengan konsentrasi 3% *crude oil*.

Faktor yang mempengaruhi kemampuan degradasi isolat bakteri ialah faktor fisika, kimia dan biologi. Faktor fisika kimia yang berpengaruh antara lain komposisi dan struktur kimia hidrokarbon, konsentrasi hidrokarbon, suhu, oksigen, salinitas, pH, nutrisi, cahaya dan tekanan osmotik. Umumnya kecepatan degradasi minyak bumi oleh bakteri aerob berlangsung optimum pada suhu berkisar antara 15–30°C (Zam, 2010). Faktor biologis meliputi mikroorganisme yang ada, karakter, jumlah sel, serta enzim yang dimiliki oleh organisme tersebut (Atlas dan Bartha, 1992).

Hasil uji statistik Anova, kemampuan isolat bakteri dalam mendegradasi *crude oil* dengan konsentrasi minyak 1%, 2% dan 3% menunjukkan hasil yang berbeda nyata antara masing-masing konsentrasi minyak

yang diuji. Nilai probabilitas signifikansi yang didapat yaitu 0,00. Oleh karena itu, nilai probabilitas signifikansi $0,00 < 0,05$ artinya maka H_0 ditolak yang berarti terdapat perbedaan nyata yang signifikan konsentrasi *crude oil* yang dilakukan terhadap masing-masing perlakuan minyak mentah 1%, 2% dan 3%. Dengan demikian dari hasil penelitian, kelima isolat bakteri uji degradasi minyak dapat mendegradasi *crude oil*.

4. Kesimpulan

Dari hasil isolasi yang dilakukan terhadap bakteri pengurai minyak dari perairan Bengkalis Riau didapat sebanyak sepuluh isolat bakteri yang terdiri dari BM1a, BM1b, BM1c, BM1d, BM7a, BM7b, BM7c, BM7d, BM14a dan BM14b. Uji kemampuan degradasi *crude oil* dilakukan dengan lima isolat bakteri pilihan yaitu isolat BM1a, BM1b, BM1c, BM7a dan BM7d. Degradasi tertinggi pada konsentrasi 1% ditunjukkan pada isolat BM1a, degradasi tertinggi pada konsentrasi 2% ditunjukkan pada isolat BM1c dan degradasi tertinggi pada konsentrasi 3% ditunjukkan pada isolat BM1c.

5. Referensi

Berdasarkan penelitian yang dilakukan untuk penelitian selanjutnya dilakukan uji molekular pada masing-masing isolat bakteri yang didapat di perairan Bengkalis Riau dan mengidentifikasi lebih lengkap lagi untuk karakteristik masing-masing isolat bakteri pendegradasi minyak.

5. Referensi

- Ali A. 2005. Mikrobiologi Dasar. Makassar: Universitas Negeri Makassar Press.
- APHA. 1981. Standart and Methoda. 7th Edition. California: Cumming Publishing Company Inc.
- Atlas, R. M dan R. Bartha. 1998. Microbial ecology fundamentals and applications. 4th ed. Benjamin/cummings publishing company, inc., Menlo Park : x + 694 hlm.
- Capuccino, J.G dan N. Sherman. 1987. Microbiology: A Laboratory Manual, The Benjamin/ Cummings Publishing Co., Inc., California, page 19-179.
- . 2002. Microbioly a laboratory manual. 6th ed. Benjamin/cummings publishing company, inc., Menlo Park : xvi + 491 hlm.
- Cooper, F. R. 1990. A Review Probiotic in Man and Animals. Applied Bacteriology. 66:365-378.
- Dachniar, H. 2012. Isolasi Bakteri Pendegradasi Minyak Solar Dari Perairan Teluk Pare-Pare. Makasar: Jurnal Biologi UIN Alauddin Makassar. Vol. 4, No. 1:41-46
- Madsen, E. L. 2008. Environmental microbiology from genomes to biogeochemistry. Blackwell Publishing, Malden : ix + 479 hlm.
- Monica, Periadnadi. 2015. Isolasi Bakteri Pendegradasi Limbah Cair Industri Minyak Sawit. Padang: Jurnal Biologi Universitas Andalas. Vol. 4, No. 1:71-76
- Sharpley, J.M. 1966 Elementary Petroleum Microbiology, Gulf Publishing Company, Texas, 6595:115-117.
- Sugianto, I., R. W. Kusumaningtyas, dan F. illaningtyas. 2003. Uji sifat probiotik asam laktat sebagai kandidat bahan pangan fungsional. J. Teknol. Ind. Pangan. 18(2):89-95.
- Zam, S. A. 2010. Biodegradation of diesel oil production of fatty acid esters by a newly isolated *Pseudomonas citronellolis* KHA. World Journal of Microbiology and Biotechnology 25:65-70.