Bacteria exploration lndigen as Microbial Enhance Oil Recovery (MEOR) In Old Wells (Abandon Well) in PT Pertamina UBEP Lemons Muara Enim

B. Yudono[1], S. P. Estuningsih[2]
1. Department of Chemistry, Faculty of Sciences
2. Department of Biology, Faculty of Sciences
University of Sriwijaya
Corresponding author: Tel: +628153821994, Fax 0711580056, E-mail:yudonob@hotmail.com

ABSTRACT: Bacterial utilization indigen has an advantage over exogenous bacteria in the oil degradation process can be used as an agent of MEOR because the bacteria have adapted well to their environment. This study aims to explore the indigen bacteria in Region PT Pertamina UBEP Muara Enim Lemons are able to degrade petroleum. The results of this study obtained 22 isolates of indigen, including 10 species of bacteria capable of degrading petroleum waste, based on the results of identification: 10 isolates of bacteria belonging to 4 genuses; 1. *Pseudomonas* (4 isolates) 2. *Bacillus* (4 isolates) 3. *Micrococcus* (1 isolate) 4. *Flavobacterium* (1 isolate)

Keywords: isolation, bacteria, indigen, degrading petroleum

ABSTRAK: Pemanfaatan bakteri indigen mempunyai keuntungan dibandingkan bakteri eksogen dalam proses degradasi minyak bumi yang dapat dimanfaatkan sebagai agen MEOR karena bakteri tersebut telah beradaptasi dengan baik terhadap lingkungannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi bakteri indigen di Wilayah PT Pertamina UBEP Limau Muara Enim yang mampu mendegradasi minyak bumi. Hasil penelitian ini diperoleh 22 isolat bakteri indigen, 10 jenis bakteri diantaranya mampu mendegradasi limbah minyak bumi, berdasarkan hasil identifikasi : 10 isolat bakteri tersebut termasuk ke dalam 4 genus. 1. Genus *Pseudomonas* (4 isolat bakteri) 2. Genus *Bacillus*(4 isolat bakteri) 3. Genus *Micrococcus* (1 isolat bakteri) 4. Genus *Flavobacterium*(1 isolat bakteri)

Kata kunci: isolasi, bakteri, indigen, pendegradasi minyak bum

PENDAHULUAN

Eksplorasi bakteria untuk digunakan sebagai MEOR (*Microbial Enhanced Oil Recovery*) maupun bioremediasi minyak bumi, melibatkan pengetahuan yang mendasar tentang perubahan atau degradasi minyak bumi yang dilakukankan oleh mikroba. Beberapa jenis Mikroba telah dikenal mempunyai kemampuan yang tinggi dalam mendegradasi minyak bumi seperti jenis *Pseudomonas pseudoalcaligenes*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus sphaericus* var. rotans, *Bacillus megaterium*, *Xanthobacter autotraphicus*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus cereus* var. albolactis. telah berhasil diisolasi di wilayah PT Pertamina Field Sungai Lilin. (Yudono, 2008). Bakteri pendegradasi minyak bumi diisolasi dari lingkungan yang telah lama terdedah minyak bumi yang keluar dari sumur tambang minyak bumi diarahkan pada kemampuan bakteri dalam mendegradasi minyak bumi. Bakteri hidrokarbonoklastik tidak selalu mampu mendegradasi fraksi aromatik dalam minyak bumi. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan bakteri mendegradasi fraksi-fraksi hidrokarbon tergantung pada enzim yang dimilikinya (Fedorak *et al*., 1983, Harayama *et al*., 1995).

Sifat-sifat tersebut memungkinkan isolasi bakteri pendegradasi minyak bumi diarahkan melalui substratnya, yaitu dengan memperkaya medium pengisolasi dengan fraksi tertentu di dalam minyak bumi. Prosedur isolasi bakteri yang lazim dilakukan biasanya hanya dapat mengisolasi bakteri pendegradasi minyak bumi yang mendominasi kultur, yaitu bakteri yang pertama mendegradasi minyak bumi dan mampu mencapai konsentrasi sel tinggi dengan cepat. Bakteri yang mula-mula bekerja biasanya merupakan pengoksidasi alkana normal karena fraksi ini mendominasi kebanyakan minyak bumi, lebih mudah larut dalam air dan terdifusi ke dalam membran sel bakteri (Walker and Colwell, 1974, Horowitz *et al*., 1975, Sigiura *et al*., 1997). Bakteri pendegradasi fraksi minyak yang lebih sulit didegradasi tumbuh lebih lambat dan jumlahnya lebih sedikit karena kalah bersaing dengan bakteri pendegradasi substrat alkana yang merupakan fraksi dalam jumlah yang lebih besar, sehingga bakteri ini sulit terisolasi. Peran bakteri ini sebenarnya penting

dalam melaksanakan degradasi fraksi minyak lain yang sulit didegradasi (Horowitz *et al*., 1975).

Bakteri pendegradasi fraksi minyak yang sulit didegradasi ini dapat diperoleh dengan memanfaatkan fraksi minyak bumi yang masih ada setelah pertumbuhan yang lengkap bakteri pendegradasi awal (Harayama et al., 1995). Oleh karena itu degradasi minyak bumi yang lengkap dapat dicapai dengan memanfaatkan bakteri-bakteri yang diisolasi secara bertahap, sehingga kerja bakteri dari hasil isolasi tersebut dapat bekerja lebih spesifik.

Biodegradasi minyak bumi lebih sering diperkirakan oleh kerja kultur tunggal, jarang ditentukan dengan menggunakan kultur campuran. Pada beberapa kasus degradasi minyak bumi ditentukan dengan mengukur metabolisme salah satu hidrokarbon tunggal, biasanya senyawa yang cepat dimetabolisme seperti alkana. Namun secara almi komunitas mikroba pendegradasi minyak bumi di alam terdapat bersama dengan suatu cmpuran hidrokarbon yang kompleks, yang beberapa diantaranya mempengaruhi metabolisme hidrokarbon lainnya. Sebagian hidrokarbon tertentu akan dioksidasi ketika mikroba itu menggunakan fraksi lain (Atlas, 1987). Kemampuan degradasi suatu jenis mikroba terbatas hanya pada kisaran senyawa hidrokarbon tertentu, namun beberapa jenis mikroba akan bekerja secara bersamaan dalam mendegradasi minyak bumi sesuai dengan spesifisitas substrat yang dimiliki (Harayama *et al*., 1995). Pada penelitian ini akan dilakukan isolasi secara bertahap dan membuktikan terjadinya degradasi bertahap pada minyak bumi oleh isolat-isolat yang diperoleh, untuk selanjutnya menggunakan isolat-isolat tersebut pada penelitian bioremediasi dasar dan terapan.

METODE PENELITIAN

Isolasi dan Pemurnian Bakteri

Sampel berupa tanah, lumpur, air, *sludge*/*crude oil* ditimbang/diukur sebanyak 5 (gram atau ml) dan diinokulasikan kedalam 45 ml medium BHMS cair, lalu diinkubasikan dalam *shaker incubator* pada suhu 30°C dengan laju penggojokan 120 rpm selama 2 hari. Selanjutnya diencerkan sampai 10^{-6}, masing-masing pengenceran tersebut diambil 1 ml dicampur dengan medium BHMS agar sampai merata, kemudian dituang kedalam cawan petri steril. Setelah Medium BHMS agar dalam cawan petri memadat kemudian diinkubasi pada suhu 30°C sampai ditemukan koloni bakteri yang tumbuh (biasanya 5 hari) (Pelczar and Chan, 1981; Sharpley, 1996; Udiharto, 1998)

Setiap koloni bakteri yang tumbuh dan mempunyai ciri berbeda, dipindahkan pada medium BHMS padat dalam cawan petri menggunakan jarum ose dengan cara goresan (*streak plate*) dan diinkubasi kembali pada suhu 30°C selama 4-5 hari. Pekerjaan ini dilakukan berulang kali sampai mendapatkan koloni yang murni.

Kemurnian koloni ditentukan dengan uji pewarnaan Gram. Jika sifat Gram dan bentuk selnya seragam berarti koloni sudah murni. Tetapi bila sifat Gram dan bentuknya selnya tidak seragam berarti koloni belum murni. Jika diperoleh koloni belum murni disuspensikan ulang dan dikultur kembali pada medium BHMSA padat dalam cawan petri, pekerjaan ini dilakukan sampai mendapatkan koloni yang murni.

Seleksi dan Identifikasi isolat

Isolat yang diperoleh diseleksi berdasarkan kemampuan tumbuh dan bertahan hidup pada medium yang mengandung minyak bumi serta kemampuan untuk mendegradasi minyak bumi tersebut. Seleksi dilakukan melalui dua tahap.

Seleksi Tahap I

Masing-masing isolat yang telah murni diinokulasikan pada medium Zobel padat dalam cawan petri, kemudian dioleskan residu minyak bumi dengan konsentrasi TPH 5% ke permukaan medium sebanyak kurang lebih 10% untuk menyeleksi isolat yang mampu hidup pada residu minyak. Isolat diinkubasi pada suhu 30°C selama lima hari. Tumbuhnya koloni isolat bakteri pada permukaan medium Zobel yang diolesi minyak bumi berarti isolat tersebut mampu bertahan hidup dan tumbuh pada lingkungan yang mengandung residu minyak bumi.

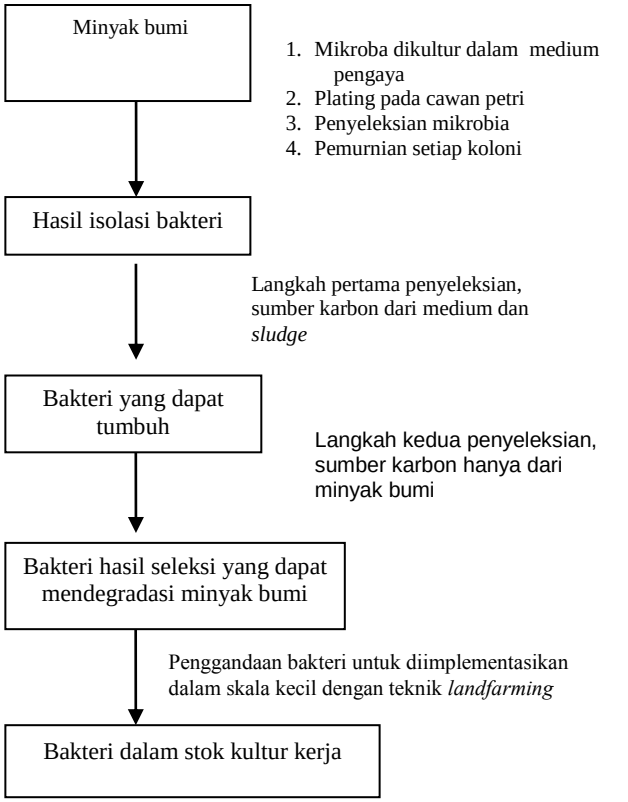
Seleksi Tahap II

Isolat yang mampu hidup pada tahap 1 diinokulasikan pada medium Soeminarti cair dalam tabung reaksi dan ditambahkan minyak bumi dengan konsentrasi 5% sebagai sumber karbon satu-satunya pada permukaan medium tersebut. Kemudian kultur diinkubasikan pada suhu 30°C selama lima hari. Terbentuknya lapisan berwarna putih diantara fase media (cair) dan fase minyak menunjukkan isolat tersebut tumbuh dan mempunyai kemampuan menggunakan minyak bumi sebagai sumber karbon dan energi. Selanjutnya isolat yang sudah diketahui mampu mendegradasi minyak bumi sebagai isolat terpilih dan dibuat kultur persediaan (Udiharto, 1992)

Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri Indigenous

Isolat bakteri yang terpilih dari hasil seleksi, selanjutnya dikarakterisasi dan diidentifikasi. Tahapan

penentuan karakter isolat bakteri berdasarkan beberapa uji yaitu: pengujian morfologi koloni, morfologi sel, sifat Gram, ada tidaknya endospora. Pengujian biokimia terdiri atas uji glukosa, laktosa, manitol, maltosa, sakarosa, IMViC, H_2S, urea, motilitas, arabinosa, manosa, salisin xilosa, hidrolisis pati, dan gelatin. Selanjutnya untuk menentukan spesies isolat bakteri yang diperoleh, hasil pengujian pada tahap identifikasi dicocokkan dengan buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology* (Buchananan and Gibbons, 1974)



Gambar 1 Diagram Isolasi, Seleksi, dan Karakterisasi Bakteri

Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan pada tahap penelitian ini adalah jenis-jenis bakteri hidrokarbonoklastik yang ditemukan pada minyak bumi (indigen).

Peremajaan Kultur Bakteri

Masing-masing bakteri yang terseleksi diinokulasikan kedalam medium agar miring Zobell, kemudian diinkubasikan pada suhu kamar 48 jam. Selanjutnya kultur ini disimpan sebagai stok kultur kerja, yang siap digunakan sewaktu-waktu bila dibutuhkan (Hoeditomo, 1993)

Uji Potensi Bakteri

Setelah diperoleh beberapa isolat bakteri, selanjutnya dilakukan uji kemampuan masing-masing isolat bakteri dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon minyak bumi dan pembuatan kurva pertumbuhan dan penghitungan waktu regenerasi terpendek

Rancangan Percobaan

Rancangan Percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan adalah jenis bakteri indigen yang sudah ditemukan pada tahap penelitian sebelumnya.

Cara Kerja

Uji ini bertujuan untuk memilih bakteri- bakteri petrofilik atau bakteri yang mempunyai kemampuan yang cukup tinggi. Dalammendegradasi hidrokarbon. Adapun langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut :

Pembuatan Starter Bakteri

Kultur bakteri masing-masing diambil sekitar dua ose, dimasukkan dalam larutan garam fisiologis dan dikulturkan pada medium Soeminarti cair, diinkubasikan selama lebih kurang 2 hari, sehingga masing-masing isolat mencapai jumlah 10^7 cfu/ml.

PENGUJIAN POTENSI ISOLAT DALAM

Mendegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi.

Masing-masing Starter isolat dengan konsentrasi 5% dimasukkan dalam medium Soeminarti cair yang sudah ditambahkan minyak bumi 5%. Kultur tersebut diinkubasi selama 7 hari di atas *shaker* dengan kecepatan 120 rpm pada temperatur ruang.

Variabel Pengamatan :

Data yang diperoleh pada tahap penelitian ini adalah persentase penurunan TPH pada medium yang digunakan untuk mengkultur bakteri indigen yang ditemukan. Dari data yang ada, diperoleh bakteri bakteri terpilih yang mampu mendegradasi minyak bumi dengan cukup baik, dengan indikator nilai persentase penurunan TPH yang tinggi dibanding yang lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Bakteri Berasal Dari Tanah Terkontaminasi Limbah Minyak Bumi

Pengambilan sampel untuk isolasi bakteri dari sekitar sumur minyak bumi di PT Pertamina UBEP Limau Prabumulih Sumatera Selatan, secara keseluruhan diambil dari sampel air (A), sampel tanah (T), sampel

minyak bumi (S). Isolasi bakteri dari sekitar minyak bumi diperoleh 22 isolat bakteri dengan perincian sebagaimana dicantumkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Isolasi Bakteri

No	Jenis sampel	Jumlah isolat	Kode isolat bakteri
1	Sampel air	11	A_1,A_2,A_3,A_4,A_5, A_6,A_7,A_8,A_9,A_{10} , A_{11}
2.	Sampel minyak bumi	6	S_1,S_2, S_3, S_4, S_5, S_6
3.	Sampel Tanah	5	T_1,T_2,T_3,T_4,T_5

Pada Tabel 4 diperoleh data bahwa isolat bakteri pendegradasi hidrokarbon yang paling banyak didapatkan adalah dari sampel air dibandingkan dengan sampel lainnya. Hal ini dapat disebabkan di air sumber karbon tersedia dalam bentuk terlarut sehingga dapat langsung digunakan oleh bakteri untuk pertumbuhannya. Menurut Syakti (2005) beberapa senyawa hidrokarbon dari golongan hidrokarbon aromatik memiliki massa yang rendah sehingga dapat larut dalam air. Menurut Timotius (1987) air merupakan bagian terbesar dalam sel, sehingga nutrien terlarut dapat dengan mudah diserap sel. Selain itu pula menurut Kadarwati (1985) substansi organik yang terlarut dalam air juga dapat menstimulasi akitifitas bakteri pendegradasi hidrokarbon. Substansi ini menyebabkan lapisan minyak dan air bercampur dengan baik. Hal ini diduga bahwa pada lingkungan air nutrien yang dibutuhkan oleh bakteri dalam kondisi terlarut sehingga mudah dimanfaatkan oleh bakteri untuk pertumbuhannya, sehingga banyak jenis bakteri yang mampu beradaptasi pada lingkungan air. Atlas (1995) menyatakan bahwa nutrien tidak hanya bermanfaat bagi pertumbuhan mikroba, tetapi juga untuk bertahan hidup. Nutrien merupakan bahan untuk proses metabolisme dan menghasilkan enzim untuk mendegradasi hidrokarbon.

Seleksi Mikroba Pendegradasi Limbah Minyak Bumi

Proses seleksi mikroba tanah dilakukan melalui dua tahap; **S**eleksi tahap I untuk mendeteksi bakteri yang tahan atau mampu hidup pada lingkungan yang mengandung minyak dan seleksi tahap II untuk memilih bakteri yang mampu hidup dan sekaligus dapat mendegradasi minyak. Hasil proses seleksi tahap I dan II dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Isolat Bakteri Pendegradasi Hidrokarbon yang Lolos Seleksi Tahap I dan II

Asal isolat	Jumlah Isolat			Keterangan Bakteri yang lolos seleksi 2
	Sebelum Seleksi	Seleksi Tahap 1	Seleksi Tahap 2	
Air	11	11	5	A_2, A_3, A_4, A_7, A_8
Tanah	5	5	3	T_1, T_2, T_4
Sludge	6	6	2	S_2, S_3
Jumlah	22	22	10	

Seleksi tahap 1 dilaksanakan untuk mengetahui kemampuan bakteri yang dapat tumbuh dan bertahan pada lingkungan yang mengandung hidrokarbon, dari Tabel 5 di atas diketahui bahwa semua isolat bakteri hasil isolasi dan pemurniaan dapat lolos pada seleksi tahap I, hal ini menunjukkan bahwa isolat bakteri yang didapatkan mampu tumbuh dan bertahan pada lingkungan yang mengandung hidrokarbon, isolat yang tidak tahan terhadap keberadaan hidrokarbon tidak akan tumbuh. Meskipun demikian isolat bakteri yang lolos belum tentu mampu memanfaatkan hidrokarbon sebagai satu-satunya sumber karbon dan energi. Pada seleksi tahap I ini digunakan medium Zobell padat dan *crude oil* yang dioleskan pada kertas saring. Medium Zobell merupakan medium yang kaya nutrisi, sehingga diduga isolat bakteri memanfaatkan nutrisi dari medium Zobell tersebut untuk dapat tumbuh dan bertahan. Isolat-isolat bakteri yang dapat tumbuh dan bertahan diindikasikan juga dapat menggunakan sumber karbon yang berasal dari *crude oil*

Pada seleksi tahap 2 digunakan medium Soeminarti cair yang ditambahkan *crude oil*, medium Soeminarti hanya mengandung nutrisi yang sangat sedikit dan tidak mengandung unsur karbon. Isolat-isolat bakteri yang dapat tumbuh adalah isolat bakteri yang mampu menggunakan hidrokarbon minyak bumi sebagai satu-satunya sumber karbon dan energi. Dari 22 isolat bakteri yang diseleksi ternyata hanya 10 isolat bakteri yang mampu tumbuh.

Pertumbuhan isolat bakteri pada medium Soeminarti ditandai dengan terbentuknya lapisan pertumbuhan di antara fase media cair dan fase minyakbumi . Udiharto (1998) menjelaskan bahwa pertumbuhan bakteri hidrokarbon terutama berada pada lapisan pembatas antara media cair dan hidrokarbon. Kemampuan serta kecepatan dalam pendegradasian hidrokarbon oleh mikroorganisme berkaitan dengan luas kontak antara hidrokarbon dan media. Dengan adanya peningkatan kontak antara minyak dan zat cair maka mempermudah

masuknya suplai oksigen dan nutrisi yang dibutuhkan oleh bakteri pada permukaan senyawa hidrokarbon.

Kemampuan bakteri untuk mendegradasi hidrokarbon sebagai sumber energi dan nutrisi berbeda-beda. Proses degradasi ini dipengaruhi oleh jenis bakteri, jenis minyak bumi yang didegradasi serta lingkungan tempat degradasi berlangsung. Hal ini sesuai dengan pernyataan Churchill *et al*. (1995) bahwa kemampuan bakteri dalam memanfaatkan hidrokarbon minyak bumi untuk dapat hidup dan tumbuh dipengaruhi oleh sifat-sifat fisika dan kimia minyak serta oleh jenis bakterinya. Menurut Suthersan (1999) kemampuan biodegradasi dari beberapa bakteri tergantung pada kemampuan adaptasi bakteri terhadap lingkungan, temperatur, konsentrasi oksigen serta keberadaan unsur nutrisi dalam air. Selain itu juga menurut Churchill *et al*. (1995), laju biodegradasi juga dipengaruhi oleh kemampuan bakteri mengubah senyawa hidrokarbon menjadi senyawa lain yang tidak toksik. Proses transformasi substrat ini bergantung pada aktivitas enzim yang diproduksinya.

Enzim-enzim yang diproduksi oleh bakteri membantu merombak senyawa hidrokarbon menjadi CO_2, H_2O dan energi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Munir (2006) bahwa pada proses degradasi hidrokarbon, bakteri melakukan metabolisme melalui reaksi enzimatik. Enzim ini berfungsi sebagai biokatalisator bagi reaksi-reaksi kimia yang terjadi di dalam tubuh bakteri, seperti alkana monooksigenase, alkohol dehidrogenase, dan formaldehid dehidrogense. Dijelaskan Robert *et al*. 1989 *dalam* Dewi (2005) satu molekul induser pada bakteri menstimulasi bakteri untuk memproduksi enzim alkana monooksigenase, enzim ini menyebabkan oksidasi awal dari hidrokarbon dan menghasilkan satu molekul alkohol, kemudian satu molekul induser menstimulasi bakteri untuk memproduksi enzim alkohol dehidrogenase, yang menyebabkan oksidasi alkohol untuk menghasilkan aldehid, selanjutnya molekul induser menstimulasi pembentukan enzim formaldehid dehidrogenase yang menyebabkan oksidasi dari aldehid dan menghasilkan asam lemak yang kemudian dioksidasi lagi menjadi CO_2, H_2O dan energi.

Selanjutnya setelah diketahui karakter morfologi dan fisiologi, identifikasi dilakukan berdasar buku " Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, 1994. JG Holt, NR Krieg, PHA Sneath, JT Staley, & ST Williams & Wilkins Co., Inc, USA. Jenis-jenis bakteri hasil isolasi tersebut adalah; *Pseudomonas pseudoalcaligenes*, A7 *Pseudomonas pseudomallei*, A8 *Bacillus* sp*1* dan T2 *Micrococus luteus*.

Uji Kemampuan Bakteri Mendegradasi Hidrokarbon Minyak Bumi

Bakteri yang telah lolos seleksi II, selanjutnya dipilih lagi berdasarkan tingkat kemampuannya dalam mendegradasi hidrokarbon minyak bumi. Pengujian kemampuan bakteri dalam media terkontaminasi limbah minyak bumi dengan konsentrasi TPH sebesar 5,62%. Setelah 2 minggu diinokulasi dengan masing-masing bakteri, selanjutnya dilakukan analisis residu TPH dengan menggunakan metode gravimetri hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 7 sebagai berikut;

Tabel 7. Hasil Uji Kemampuan 10 Bakteri Dalam MendegradasI Hidrokarbon Minyak Bumi

Kode isolat bakteri	Jenis Bakteri	Hasil Analisis residu (% b/b)	Persentase TPH terdegradasi (% b/b)
A2	***Pseudomonas pseudoalcaligenes***	**3,60**	**35,94**
A3	*Pseudomonas diminuta*	3,98	29,18
A4	*Pseudomonas syringae*	3,65	35,05
A7	***Pseudomonas pseudomallei***	**3,54**	**37,01**
A8	***Bacillus* sp *1***	**3,63**	**35,41**
T1	*Flavobacteriun thalpophilum*	4,28	23,84
T2	***Micrococcus luteus***	**3,47**	**38,26**
T4	*Bacillus* sp*2*	3,90	30,60
S2	*Bacillus lichenisformis*	3,65	35,05
S3	*Bacillus* sp *3*	3,83	31,85

Berdasarkan hasil analisis berat residu minyak bumi yang masih tertinggal pada medium yang sudah ditambah starter dari masing-masing isolat, diperoleh 4 (empat) bakteri yang mempunyai potensi yang lebih tinggi dibanding bakteri yang lain dalam mendegradasi hidrokarbon minyak bumi yaitu bakteri dengan kode A2 (*Pseudomonas pseudoalcaligenes*), A7 (*Pseudomonas pseudomallei*), A8 (*Bacillus* sp*1*) dan T2 (*Micrococus luteus)*. Prosentase penurunan TPH minyak bumi oleh *Pseudomonas pseudoalcaligenes* adalah 35,94%, *Pseudomonas pseudomallei* 37,01%, *Bacillus* sp*1* 35,41%, dan bakteri *Micrococus luteus* 38,26%. Selain itu, bakteri-bakteri yang dipilih tersebut sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Strauss and du Plessis (2000) menemukan bahwa bakteri yang paling banyak berperan dalam proses degradasi antara lain adalah bakteri dari genus ***Pseudomonas, Alcaligen, Micrococcus***, *Nocardia, Corynobacterium, Rhodococcus*, ***Bacillus***, *Streptomyces, Clostredium*, dan *Proteus*.

Menurut Lin (2009) bakteri dari golongan ***Pseudomonas*** dapat secara efektif mendegradasi hidrokarbon C_{12}-C_{20} . Sampel yang berasal dari daerah limau komponen utamanya (89,11%) adalah hidrokarbon

golongan C_{12}-C_{20}, dan diharapkan pemilihan bakteri *Bacillus* sp1 dan *Micrococus luteus* dapat bekerja untuk mendegradasi hidrokarbon rantai yang lebih panjang. Alexander (1999) melaporkan bahwa bakteri pendegradasi minyak bumi berantai panjang antara lain : ***Bacillus, Micrococus,*** *Mycobacterium, Steptomyces, Pseudomonas, Acinobacter, Nocordia.*

KESIMPULAN

1. 1.Hasil isolasi bakteri indigen dari PT Pertamina Field Limau diperoleh 10jenis bakteri yang mampu mendegradasi minyak bumi
2. Perlu analisis lebih lanjut sifat-sifat fisik dari hasil degradasi minyak bumi, misalnya perubahan viskositas dan pengembangan minyak bumi yang mengarah pada potensi sebagai MEOR

DAFTAR PUSTAKA

Atlas, R.M. (1981) Microbial degradation of petroleum hydrocarbons: an environmental perspective, *Microbiological Reviews*, 45(1), 180-209..

Atlas, R. M., and C. E. Cerniglia. 1995. Bioremediation of petroleum pollutants. Bioscence, 45(5), 332-338

Buchanan, R.E. & Gibbons, N.E. (1974) *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*, The William and Wilkins Co., Baltimore, page 529-550.

Dewi, R. S. 2005. Optimasi Penggunaan Surfaktan Linear Alkylbenzena Sulfonat (LAS) dan Nisbah C/N pada Bioremediasi Tanah Tercemar Limbah Minyak Bumi. *Tesis* S-2. Pasca Sarjana IPB. Bogor. xiii + 83 hlm. (Tidak dipublikasikan).

Fedorak, P.M., Foght, J.M., and Westlake, D.W.S. (1983) Comparative studies on microbial degradation of aromatics and saturates in crude oil dalam Zajic *et al*. (eds), *Microbial Enhanced Oil Recovery*. PenWell Publishing Co., Oklahoma, 162-171.

Harayama, S., Sigiura K., Asaumi M., Shimauchi T., Goto M., Sasaki S. and Ishihara M. (1995) Biodegradation of Crude Oil, dalam *Program and Abstratcs in the First Asia-Pasific Marine Biotechnology Conference*, Shimizu, Shizuoka, Japan, page 19-24.

Horowitz, A., Gutnick D. and Rosenberg E. (1975) Sequential Growth of Bacteria on Crude Oil, *Applied Microbiology* **30(1),** 10-19

Kadarwati. 1994. Studi Kehidupan Mikroba dan Pengaruhnya pada BBM Penerbangan di Indonesia. Lembaran Publikasi Lemigas (3) 9-19. Noviana, H. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Hidrokarbonoklastik Dari Salah Satu Sumur Minyak bumi Di Sumatera> Tesis Magiter BidangKhusus Mikrobiologi Program Studi Bandung. ITB. Tidak dipublikasikan.Xi + 62 halaman

Lin, X., B. Yang, and J. Shen 2009. Biodegradation of Crude Oil by an Arctic Psychrotrophic Bacterium *Pseudoalteromomas* sp. P29. Curr Microbiol 59:341-345.

Munir, E. 2006. Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif Untuk Pelestarian Lingkungan. *Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap Dalam Bidang Mikrobiologi.* Universitas Sumatera Utara. 37 hlm

Sigiura, K., Ishihara M., Shimauchi T. and Harayama S. (1997) Physicochemical Properties and Biodegradability of Crude Oil, *Environ. Sci. Technol* **31**, 45-51

Suthersan, S.S. 1999. In Situ Bioremediation. *In*: *Remediation Engineering: Design Concepts*. Ed. Boca Raton. 36 p.

Timotius K. H.1987. Mikrobiologi Dasar. Universitas Kristen Satya Wacana . Salatiga. Ix. +155 hal

Udiharto. M. 1992. Aktivitas Mikroba Dalam Degradasi Minyak Bumi. Dalam Procedings. Diskusi Ilmiah VII hasil Penelitian Lemigas. Lemigas Jakarta : 711

Yudono, 2008. Pengolahan Tanah Terkontaminasi Minyak Bumi di PT Pertamina Field Sungai Lilin, PPH Universitas Sriwijaya

Walker, J.D. and R.R. Colwell (1974) Microbial Petroleum Degradation: Use of Mixed Hydrocarbon Substrates, *Appl. Microbiol 27(6)*, 1053-1060.