



PROCEEDING

B.7 &  
9.8

9 November 2013

# Industrial Engineering Conference 2013

"Perspektif Keilmuan Teknik Industri  
Dalam Mendukung Masa Depan  
Industri Minyak, Gas dan  
Pertambangan  
Yang Berkelanjutan"



Industrial Engineering Department  
Faculty of Industrial Technology  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran"  
Yogyakarta

ISBN 978-979-96854-5-2

**Prosiding Seminar Nasional - Industrial Engineering Conference (IEC) 2013**

**"PERSPEKTIF KEILMUAN TEKNIK INDUSTRI DALAM Mendukung MASA DEPAN INDUSTRI MINYAK, GAS, DAN PERTAMBANGAN YANG BERKELANJUTAN"**

- Terbitan : November 2013
- Tim Editor : Miftahol Arifin, S.T.,M.T.  
Muhammad Faisal Amin
- Reviewer : 1. Ir. Nur Indrianti, M.T., D.Eng.  
2. Dr. Ir. Harry Budiharjo, M.T.  
3. Moch. Chaeron, S.T., M.T.  
4. Ir. Irwan Soejanto, M.T.
- Desain Layout : Wikan Widya Kusuma, ST

**Hak Cipta pada :**

**Jurusan Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri  
UPN 'Veteran' Yogyakarta**  
Jl. SWK No. 4 (Lingkar Utara), Condongcatur, Yogyakarta.  
Telp : (0274) 486369, Fax : (0274) 486369  
E-mail : [iec.ti@upnyk.ac.id](mailto:iec.ti@upnyk.ac.id)

**ISBN. 978 – 979 – 96854 – 5 - 2**

**Hak cipta dilindungi undang-undang**

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun, tanpa izin tertulis dari Penerbit

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Warahamtullah Wabarakatuh*

Puji Syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat Rahmat dan Hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Prosiding Seminar Nasional *Industrial Engineering Conference 2013* dengan tema "*Perspektif Keilmuan Teknik Industri dalam Mendukung Masa Depan Industri Minyak, Gas dan Pertambangan yang Berkelanjutan*" yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Industri FTI UPN "Veteran" Yogyakarta pada hari Sabtu, 9 November 2013 bertempat di Gedung Pattimura Jl. Babarsari 2 – Tambakbayan, Yogyakarta 55281.

Seminar Nasional *Industrial Engineering Conference 2013* dengan tema "*Perspektif Keilmuan Teknik Industri dalam Mendukung Masa Depan Industri Minyak, Gas dan Pertambangan yang Berkelanjutan*" bertujuan untuk mengenalkan Peran Teknologi dan Inovasi dalam pembangunan berkelanjutan khususnya UKM, mengenalkan peran keikutsertaan Teknik Industri dalam mendukung masa depan industri minyak, gas dan pertambangan baik kepada mahasiswa dan khalayak umum khususnya yang mengikuti seminar ini. Makalah yang terkirim juga harus memenuhi standar penulisan dan disesuaikan dengan format yang telah ditentukan oleh panitia. Prosiding ini memuat makalah-makalah dikirimkan oleh para pemakalah, setelah direview dan diputuskan untuk diterbitkan, Secara keseluruhan terdapat 30 makalah yang dapat diterbitkan tim prosiding ini dan menjalani editing oleh Tim editor IEC 2013.

Tim editor menyampaikan ucapan terimakasih kepada Rektor UPN "Veteran" Yogyakarta, para Wakil Rektor, Dekan, Wakil Dekan FTI, para pejabat, pembicara, pemakalah, peserta seminar dan HMJ Teknik Industri FTI UPN "Veteran" Yogyakarta yang telah berpartisipasi dan membantu penyelenggaraan acara sehingga dapat tersusun prosiding ini. Harapan kami prosiding ini dapat memberikan sumbangan pemikiran dan manfaat bagi dunia industri dan masyarakat dalam rangka mewujudkan Indonesia yang peduli terhadap kelangsungan masa depan sumber daya energi.

*Wassalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.*

Yogyakarta, 9 November 2013

Tim Editor



**SAMBUTAN KETUA PELAKSANA  
SEMINAR NASIONAL – IEC 2013  
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI FTI UPN “VETERAN” YOGYAKARTA**

Assalamu'alaikum wr. Wb  
Salam sejahtera untuk kita semua

Pertama-tama marilah puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah s.w.t. Tuhan yang Maha Kuasa karena atas rahmat dan hidayah-Nya pada hari ini masih diberikan nikmat kesehatan dan kesempatan untuk menghadiri seminar ini.

Pada kesempatan ini saya atas nama panitia mengucapkan selamat datang dan terimakasih telah hadir di ruangan ini dalam acara seminar nasional (*Industrial Engineering Conference*) 2013 yang pada tahun ini mengambil tema "*Perspektif Keilmuan Teknik Industri dalam Mendukung Masa Depan Industri Minyak, Gas dan Pertambangan yang Berkelanjutan*"

Seminar ini merupakan rangkaian kegiatan dan agenda tahunan dari Jurusan Teknik Industri UPN "Veteran" Yogyakarta yang ditujukan untuk memberikan wahana kepada para peneliti, dosen, dan mahasiswa untuk berbagi informasi mengenai hasil-hasil penelitian, gagasan-gagasan baru yang inovatif untuk membuka perspektif dalam perkembangan dunia Teknik Industri.

Bapak, ibu, dan para mahasiswa peserta seminar, pada kesempatan ini perkenankan dari panitia pelaksana untuk melaporkan tentang pelaksanaan seminar kali ini, sebagai berikut :

1. Seminar nasional IEC 2013 ini diikuti oleh kurang lebih 225 peserta yang terdiri dari para mahasiswa dan peneliti di berbagai perguruan tinggi dari berbagai wilayah, Jawa Timur, Jawa Tengah, dan DIY dan mahasiswa dari berbagai jurusan di UPN "Veteran" Yogyakarta.
2. Seminar ini akan terbagi menjadi dua sesi yang terdiri dari pemaparan makalah utama oleh para pembicara utama dilanjutkan dengan sesi pemaparan makalah hasil-hasil penelitian di sesi kedua setelah istirahat. Makalah yang masuk kepanitia setelah melalui *review* dan editing sebanyak 30 makalah.

Selanjutnya saya mengucapkan terimakasih atas dukungan dan kerjasama dari seluruh rekan-rekan panitia untuk mempersiapkan acara ini. Dan beberapa pihak memberikan dukungan dan partisipasinya saya juga mengucapkan terimakasih dan merupakan penghargaan yang tak ternilai bagi kami. Harapan kami dalam penyelenggaraan seminar ini dapat memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya kepada seluruh hadirin, tetapi betapa sempurnanya persiapan yang dilakukan, kami merasakan masih banyak terdapat hal-hal yang kurang berkenan. Atas nama panitia saya mohon maaf atas kesalahan, kekurangan, kekilafan, dan ketidaknyamanan yang dirasakan hadirin semua.

Akhirnya kepada para peserta, saya mengucapkan selamat mengikuti seminar, semoga seminar ini memberikan manfaat bagi para hadirin semua dan perkembangan Teknik Industri pada umumnya.

Terimakasih  
Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 9 November 2013  
Ketua Pelaksana

Miftahol Arifin, S.T., M.T.  
NPY. 2 7207 97 0140 1



## **SAMBUTAN REKTOR**

Dalam Acara

### **SEMINAR NASIONAL TEKNIK INDUSTRI 2013 "PERSPEKTIF KEILMUAN TEKNIK INDUSTRI DALAM MENDUKUNG MASA DEPAN INDUSTRI MINYAK, GAS, DAN PERTAMBANGAN YANG BERKELANJUTAN"**

Gedung Pattimura UPN "Veteran" Yogyakarta

Sabtu, 9 November 2013

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Selamat pagi, dan salam sejahtera untuk kita semua.

Pada kesempatan ini marilah kita bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya kita dapat menghadiri seminar nasional Teknik Industri 2013 dengan tema "*Perspektif Keilmuan Teknik Industri dalam Mendukung Masa Depan Industri Minyak, Gas dan Pertambangan yang Berkelanjutan*"

Saya selaku pimpinan Universitas Pembangunan Nasional Yogyakarta mengucapkan selamat datang dan terima kasih kepada semua pihak yang telah hadir dan ikut berpartisipasi dalam menyukseskan acara seminar nasional Teknik industri 2013 di UPN "Veteran" Yogyakarta ini, Semoga kerjasama kita dapat terus terjalin dengan positif sebagai bagian dari upaya memajukan dunia pendidikan dan teknologi di Indonesia.

Saudara-saudara Yang Saya Hormati.

Berbicara mengenai sumber daya energi, tak lepas dari bahan bakar baik berupa gas, minyak dan barang tambang. Ketiga hal tersebut merupakan hal yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia. Sebagai sebuah program studi yang konsen dalam sistem, Teknik Industri merupakan program studi yang mempunyai pesan dalam pengelolaan sumber daya energi tersebut agar dapat digunakan secara efektif dan efisien. Dengan penggunaan yang efektif dan efisien, maka sumber daya dapat dihemat untuk kelangsungan hidup manusia.

Seminar nasional Industrial Engineering Conference 2013 bertajuk "*Perspektif Keilmuan Teknik Industri dalam Mendukung Masa Depan Industri Minyak, Gas dan Pertambangan yang Berkelanjutan*" bertujuan untuk menggali hasil penelitian dan karya ilmiah baik metode dan teknologi baru dalam kerangka pengelolaan industri minyak, gas dan pertambangan.

Berkaitan dengan hal tersebut di atas saya menyambut gembira dengan diselenggarakannya seminar pada hari ini dengan mendatangkan nara sumber yang berkompeten dibidangnya. Semoga materi yang disampaikan memberikan semangat kepada kita semua untuk ikut berperan serta dalam pembangunan berkelanjutan.

Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih atas kehadiran, kontribusi, dan kerja sama Saudara-saudara sekalian, juga kepada panitia yang sudah bekerja keras mempersiapkan terselenggaranya acara ini. Dengan mengucap *Bismillahirrohmanirrohim* seminar nasional *Industrial engineering conference 2013* dengan tema "*Perspektif Keilmuan Teknik Industri dalam*

*Mendukung Masa Depan Industri Minyak, Gas dan Pertambangan yang Berkelanjutan'* dengan resmi saya nyatakan dibuka.

Demikian yang dapat saya sampaikan . marilah kita panjatkan doa ke pada Tuhan yang maha Esa semaga Tuhan Yang maha Esa senantiasa memberikan petunjuk dan kekuatan kepada kita semua.

Selamat melaksanakan seminar, terima kasih Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 9 November 2013  
Rektor UPN"veteran" yogyakarta

Ttd

Prof. Dr. H. Didit welly Udjianto, M.S.  
NIP. 19590620198603100

DAFTAR ISI

Cover Depan	i
DAFTAR	ii
Kata Pengantar	iii
Sambutan Ketua Panitia	iv
Abstraksi Review (001 - 004) dan 005 - 006	v
Daftar Isi	vi

NO	NAMA	JUDUL	HALAMAH
1	Hasyanto	Pengaruh Tokoh Indohayati dan Indohayati dalam Industri Sosial dan Masyarakat Marashami Kabupaten Lahat	01-07
2	Diponegoro Hidayat	Desain dan Implementasi Web Sistem Pendaftaran Persewaan Hutan Komunitas UEM dengan Sistem Informasi Pesisir dan Kelautan	08-12
3	Lina Hidayati	Persewaan Hutan Komunitas UEM dengan Sistem Informasi Pesisir dan Kelautan: Persewaan Komunitas dan Hutan Komunitas Mengembangkan Keberhasilan Harry Lige Paritagan	14-20
4	Kurnia Murniasari, Ayu Dinasti, dan Lilla Nabila	Kelebihan Supplier Menggunakan Performance Indikator Kemampuan Manajer Perencanaan dan Strategi Perusahaan: Analisis Hierarchy Process dan Kuantitatif Gated System, Yogyakarta	21-27
5	Astra Indriani	Model Bisnis Perencanaan Pasar Pesisir dan Wilayah Mutiara dan Komunitas Perikanan Perikanan yang digunakan sebagai KMPK	28-33
6	Anggrita Parwati	Perencanaan Tarif Leuk Fasilitas dengan Persewaan Bank dan Perencanaan	34-37
7	Mahasiswa Astri Mafala	Perencanaan Fasilitas Persewaan dan Fasilitas Bersewaan Kapal Persewaan dengan Memanfaatkan Galang Dana	38-48
8	Widi Dharma	Analisis Perencanaan Persewaan dan Fasilitas Bersewaan Perikanan 2019 Kabupaten Lahat dan Perikanan Lampung: Pentingnya Komunikasi Komunitas dan Bagi Industri	49-54

9	Aoch Fawid Hidayanto	Persepsi Konsumen Kota Samarinda Terhadap Rancang Bangun Desain Eksterior Toyota Grand New Kijang Innova	56-61
10	Miftahul Arifin	Penjadwalan Job Shop dengan Artificial Immune System	62-71
11	Ong Andre W.R	Algoritma Ant Colony Optimization untuk Optimasi Multi-tujuan pada Penjadwalan Pekerjaan Flow Shop	72-81
12	A.I. Iladyyah	Penentuan Harga Pokok Produksi Untuk Sistem Manufaktur Kompleks (Studi Kasus Di Sentra Industri Kerajinan Perak Pampang)	82-88
13	F. Hernina	Penentuan Safety Stock Dan Jumlah Pesanan Untuk meminimalisasi Biaya Persediaan Pada Lokal Chain Store berbasis Logika Kabur	89-97
14	Annie Purwani	Aplikasi Model Objective Matrix untuk Mengukur dan Menganalisis Produktivitas	98-107
15	P. Wisnu Anggoro	Rancang Bangun Prototype Sepeda Motor Khusus Kaum Difabel	108-118
16	Ghea Mastika	Production Learning dengan Pendekatan Activity Based Costing	119-126
17	Bambang Gastomo	Disain Dan Implementasi Prototipe PLC Simulator Dan SCADA Sebagai Media Pembelajaran Otomatisasi Industri	127-134
18	Harry Budiharjo S	Injeksi Mikroba Sebagai Usaha Peningkatan Perolehan Minyak	135-142
19	P. Wisnu Anggoro	Optimalisasi Strategy Pemesinan Pada Proses Pengerjaan Produk Freed Mirror Cover Honda Freed	143-157
20	Jaka Purwanta	Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup Di IPAL Sewon Kabupaten Bantul Melalui Kajian Biaya Pemantauan Dan Pengendalian Kualitas Air Dan Lingkungan Sistem Jaringan Limbah	158-172
21	Harry Budiharjo S.	Model Aliran Gas pada Pipa Transmisi dengan Kondisi Line Packing untuk Berbagai Diameter	173-181
22	Ardhian Herlianto	Perancangan Alat Bantu Pengangkut Batako Yang Ergonomis Guna Mengurangi Resiko	182-192



23	Rakhmadi Sentosa	Pemetaan Proses Sebagai Langkah Awal Implementasi Konsep Lean Thinking	193-200
24	Suwito Tjokro	Pendekatan Fuzzy Integer Transportation Problem Pada Pendistribusian Air	201-205
25	Kurnia Nurmalasari	Pemilihan Supplier Menggunakan preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation dengan pembobotan Analytical Hierarchy process	206-212
26	Visita Dian Gitaya	Analisis Beban Kerja Fisiologis dan Pengaturan Waktu Istirahat Operator Tenun pada Departemen Weaving Unit I (Studi Kasus PT. Kusuma Sandang Mekarjaya)	213-217
27	Adhitya Arfiansyah	Penentuan Setting Parameter Optimal Untuk Memaksimalkan Kekuatan Lentur Dan Meminimalkan Susut Kering Badan Keramik Hias Menggunakan Metode Taguchi Multiresponse (Studi Kasus di Sentra Kerajinan Keramik Hias Kasongan, Yogyakarta)	218-227
28	Septiani Tri Rahayu	Evaluasi Supplier Untuk Meningkatkan Performansi Supplier Dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEA)	228-235
29	Muhammad Yusuf	Strategi Pemasaran "KR" Berdasarkan Persepsi Konsumen	236-243
30	Rini Novia Sari , Laila Nafisah, Agus Ristono	<i>Algorithm Hybrid</i> untuk Menentukan Rute dan Jadwal Pengiriman Produk di PT Mitra Gas Abadi Karawang	244-250
31	Eko Nursubiyantoro	Perancangan Decision Support System (DSS) pada Manajemen Persediaan Bahan Baku	251-260

## Injeksi Mikroba Sebagai Usaha Peningkatan Perolehan Minyak (Suatu Percobaan Laboratorium)

Harry Budiharjo S.<sup>1,2</sup>

1. Prodi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral

2. Program Pascasarjana

UPN "Veteran" Yogyakarta

Gedung. Jl. SWK. 104 (Lingkar Utara) Condong catur, Yogyakarta, 55283

e-mail: harry\_hb@upnyk.ac.id

### ABSTRAK

*Injeksi Mikroba merupakan salah satu teknik EOR (Enhanced Oil Recovery) yang sedang dikembangkan, walaupun sebenarnya telah diketahui sejak lama bahwa mikroba dapat berkembang dan hidup dalam lingkungan reservoir minyak bumi. Saat ini penelitian Microbial Enhanced Oil Recovery menjadi sangat menarik karena mempunyai potensi yang cerah dalam teknik EOR, terutama untuk lapangan-lapangan tua. Injeksi mikroba didasarkan pada kemampuan mikroba untuk menghasilkan bioproduct seperti gas, surfaktan, polimer yang diharapkan dapat membebaskan fraksi minyak yang masih tertinggal dalam reservoir. Penelitian ini akan memperlihatkan pengaruh injeksi mikroba terhadap sifat fisik batuan (porositas dan permeabilitas) dan sifat fisik fluida (tegangan antar muka dan viskositas). Hasil percobaan di laboratorium menunjukkan bahwa terjadi kenaikan porositas sebesar 2 sampai dengan 4 %, dan kenaikan permeabilitas sebesar 3,6 sampai 22%. Sedangkan perubahan yang terjadi pada sifat fisik fluida adalah penurunan viskositas dari 4,82 sampai 27,10% dan penurunan tegangan antar muka dari 0,98 sampai 15,29 %.*

**Kata Kunci :** Mikroba, bioproducts, porositas, permeabilitas, tegangan antarmuka.

### 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan minyak bumi sebagai sumber energi ataupun untuk bahan baku produk hilir masih terus meningkat sementara sifat minyak bumi adalah tidak terbarukan (*un-renewable*). Untuk itu usaha-usaha perolehan perlu terus dilakukan, baik melalui eksplorasi maupun eksploitasi sumur-sumur yang telah ada. Lapangan minyak tua yang ditinggalkan (*abandon*) dari suatu reservoir (*reservoir life-cycle*) pada umumnya masih mempunyai potensi untuk diaktifkan kembali. Salah satu usaha untuk meningkatkan perolehan minyak bumi adalah dengan teknik pengurasan lanjut atau lebih dikenal dengan istilah Enhanced Oil Recovery (EOR). Beberapa metode diantaranya adalah injeksi CO<sub>2</sub> terbaaur, injeksi panas (*steam flood*), injeksi kimia (polimer, surfaktan, alkalin) dan di luar kelompok tersebut yang sekarang sedang menjadi perhatian para ahli perminyakan dan mikrobiologi adalah injeksi mikroba (*Microbial Enhanced Oil Recovery*).

Pada dasarnya semua metode EOR mempunyai tujuan yang sama, yaitu meningkatkan perolehan minyak dengan mengubah sifat fisik

batuan/fluida agar minyak sisa yang terperangkap dalam pori-pori batuan reservoir dapat dialirkan ke permukaan. Teknik microbial itu sendiri sebenarnya sudah lama dikembangkan sejalan dengan meningkatnya peranan ilmu biologi sebagai ilmu dasar. Dalam perkembangannya sudah banyak dilakukan penelitian baik skala laboratorium maupun skala lapangan tentang aplikasi mikroba dalam tahap perolehan lanjut. Aspek terpenting dari MEOR adalah kemampuan mikroba untuk menghasilkan bioproduct dari metabolismenya seperti :

- Produksi asam yang dihasilkan dari hasil fermentasi karbohidrat dapat digunakan untuk melarutkan matriks batuan sehingga akan menaikkan permeabilitas dan porositas.
- Produksi polimer dapat meningkatkan viskositas air sebagai fasa yang lebih mobil dibandingkan dengan minyak sehingga dapat menurunkan perbandingan mobilitas air-minyak dan menaikkan efisiensi penyapuan.
- Produksi surfaktan untuk menurunkan tegangan antar muka minyak-air dan memperbaiki efisiensi pendesak mikroskopik.



Produksi gas mengakibatkan berkurangnya viskositas minyak dengan terlarutnya gas ke dalam minyak.

Dalam penelitian ini akan dikaji penggunaan injeksi mikroba dalam skala laboratorium dengan melihat pengaruhnya terhadap sifat fisik batuan (porositas dan permeabilitas) dan sifat fisik fluida (viskositas minyak dan tegangan antar muka). Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroba yang diinjeksikan dalam sampel core ataupun sampel minyak mempunyai kemampuan untuk mempermudah perolehan minyak, yaitu menaikkan porositas permeabilitas batuan, serta menurunkan viskositas dan tegangan antar muka minyak-air. Diharapkan hasil penelitian ini tidak terjadi banyak perubahan yang mendasar antara percobaan laboratorium dan percobaan di lapangan. Juga diharapkan dapat menjadi dasar bagi penelitian-penelitian MEOR di Indonesia di masa mendatang.

## II. MIKROORGANISME DI RESERVOAR

Adanya mikroba dalam reservoir minyak telah lama diketahui. Sebagian besar mikroba yang ditemukan bersifat tahan terhadap temperatur, tekanan dan salinitas yang cukup tinggi sebagaimana keadaan di reservoir. Dalam melakukan aktivitas hidupnya, mikroba menghasilkan gas ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), asam organik, surfaktan dan polimer. Produk-produk ini sangat berguna dalam proses pembebasan hidrokarbon yang tidak dapat mengalir ke sumur-sumur produksi yang disebabkan oleh viskositas yang tinggi atau tegangan antarmuka yang besar. Selain itu Ada kemungkinan bahwa mikroba dapat mengubah fraksi-fraksi hidrokarbon karena dalam mekanisme hidupnya mikroba membutuhkan rantai C sebagai salah satu bahan makanannya.

Menurut Moses<sup>3)</sup>, syarat organisme ideal yang dapat diinjeksikan ke dalam reservoir adalah :

- Mempunyai ukuran yang kecil sehingga mudah bergerak di antara pori-pori batuan.
- Tahan terhadap tekanan tinggi karena reservoir minyak umumnya mempunyai tekanan tinggi karena kedalamannya.
- Tahan terhadap temperatur tinggi.
- Tidak membutuhkan banyak nutrien, lebih baik lagi jika dapat berkembang pada media garam mineral yang terdapat dalam air formasi dengan menggunakan bagian dari minyak mentah sebagai sumber karbon dan energi.
- Dapat melakukan metabolisme secara anaerobik, karena kadar oksigen di dalam reservoir sangat minim.
- Hasil dari metabolismenya dapat membantu memobilisasi minyak di dalam reservoir.

- Tidak menimbulkan akibat-akibat yang berpengaruh buruk terhadap sifat-sifat minyak dan reservoir.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa di dalam reservoir dapat ditemukan mikroorganisma dari genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Clostridium* dan *Enterobacterium*.

### 2.1. Pengaruh Mikroorganisme di Reservoir

Adanya mikroba di dalam reservoir akan mempunyai pengaruh-pengaruh seperti :

#### - Degradasi (Pemotongan rantai hidrokarbon)

Mikroorganisme memerlukan unsur Carbon (C) sebagai salah satu sumber makanan untuk melakukan metabolisme dan perkembangbiakannya. Minyak mentah yang sebagian besar komponennya disusun oleh senyawa hidrokarbon dapat dimanfaatkan unsur Carbonnya oleh mikroba untuk melakukan pertumbuhan. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh hasil bahwa pemotongan rantai hidrokarbon yang dilakukan oleh mikroorganisme semakin aktif pada hidrokarbon yang mempunyai rantai yang semakin panjang. Menurut Strawinski & Stone<sup>3)</sup>, secara umum rantai hidrokarbon yang mudah dan cepat mengalami degradasi adalah rantai hidrokarbon dengan nomor atom Carbon antara  $\text{C}_{20}$ - $\text{C}_{32}$ . Sebagai akibat dari semakin pendeknya ikatan rantai hidrokarbon menyebabkan bertambahnya komponen ringan dari senyawa hidrokarbon. Akibat selanjutnya adalah densitas minyak mentah menjadi semakin kecil dan biasanya viskositas minyak mentah menjadi lebih kecil pula.

#### - Penghasil Biosurfaktan

Tujuan utama dari penginjeksian surfaktan ke dalam reservoir minyak adalah untuk mengurangi tegangan antar muka antara minyak dengan air, sehingga air dapat mendorong dan membebaskan minyak ke sumur produksi. Tetapi karena absorpsi surfaktan pada material batuan reservoir akan mengakibatkan kerja dari surfaktan menjadi kurang efektif dalam pengurasan minyak mentah. Selain itu juga karena harga surfaktan yang relatif mahal akan membatasi pemakaiannya secara ekonomis. Dari kondisi inilah diambil keuntungan pada kerja mikroorganisme penghasil surfaktan dapat dimanfaatkan. Apalagi mikroorganisme dalam reservoir pada umumnya melakukan aktivitas hidupnya pada batas minyak air, sehingga surfaktan yang dihasilkan dari proses metabolismenya secara maksimum dapat menurunkan tegangan antar muka minyak dan air. Mikroorganisme yang telah diketahui sebagai



penghasil surfaktan adalah : *Nocordia*,  
*Athrobacter*, *corynebacterium*, *Pseudomonas*

### Penghasil Biopolimer

Polimer yang biasa dihasilkan oleh mikroorganisme adalah dari jenis *Polysacharida*. Contoh mikroorganisme penghasil polimer adalah *Xanthan*. Biopolimer yang dihasilkan mikroorganisme mempunyai fungsi yang sama juga dengan polimer yang diinjeksikan ke dalam reservoir, yaitu bertujuan untuk mengontrol mobilitas rasio minyak air dengan menaikkan viskositas fasa air. Biopolimer yang dihasilkan ini akan bekerja pada batas antara air-minyak, karena mikroorganisme kebanyakan hidup pada batas air-minyak. Fenomena ini sangat menguntungkan dalam proses pembebasan minyak mentah, di reservoir khususnya dalam mengurangi kecepatan *water fingering*.

### Penyumbatan Formasi

Pada operasi injeksi air, baik untuk keperluan *pressure maintenance* ataupun *waterflooding*, mikroorganisme yang dikandung air dapat menyebabkan penyumbatan pada sumur injeksi. Permasalahan tersebut kemudian dapat di atasi dengan menambahkan *biocide*, suatu bahan kimia yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan mikroba yang tidak diinginkan. Mikroba yang sering menimbulkan penyumbatan adalah bakteri pereduksi sulfat (*Sulphate Reducing Bacteria*, *SRB*) dari genus *Dessulfovibrio* dan *Desulfoto maculum*.

### 2.2. Cara Mendapatkan Mikroorganisme

Untuk mendapatkan mikroba yang kita inginkan sesuai dengan kondisi reservoir, ada beberapa cara yang bisa dilakukan, yaitu : isolasi strain dengan seleksi, pertukaran genetika di antara sel-sel, dan rekayasa genetika. Pada penelitian ini yang dilakukan adalah isolasi strain dengan seleksi. Metode/cara ini dilakukan berdasarkan sifat kompetisi dari organisme satu dengan organisme lainnya. Caranya dengan melakukan manipulasi terhadap lingkungan hidupnya (media), mikroba yang dapat bertahan hidup diseleksi, yang lain dibuang. Dengan seleksi ini diharapkan mikroba dapat berkurang sesuai dengan kondisi yang telah ditetapkan. Dengan cara ini juga dapat mencegah kehadiran mikroba lain yang tidak diinginkan. Prosedur seleksi yang dilakukan dengan lebih efisiensi akan dapat meningkatkan kualitas pemisahannya, sehingga pengisolasian akan memberikan hasil yang lebih baik.

## III. PERCOBAAN LABORATORIUM

Percobaan laboratorium ini bertujuan untuk melihat pengaruh mikroorganisme terhadap sifat fisik batuan dan fluida reservoir minyak. Sifat fisik batuan dan fluida reservoir yang akan diteliti adalah: porositas, permeabilitas, viskositas minyak dan tegangan antar muka. Pengukuran parameter-parameter tersebut dilakukan dua kali, yaitu sebelum dan sesudah perlakuan dengan mikroba.

### 3.1. Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa crude oil, air formasi dan batuan inti (core), dan mikroorganisme yang diambil dari empat sumur pada lapangan HB dan SS di daerah Sumatera. Sedangkan peralatan yang digunakan dalam percobaan ini adalah Gas Expansion Porosimeter untuk mengukur porositas, Gas Permeameter untuk mengukur permeabilitas, Cannon Fenske Viskosimeter untuk mengukur viskositas minyak, dan Tensiometer Leconte du Nouy untuk mengukur tegangan antar muka minyak-air.

### 3.2. Pengujian

Yang dimaksud pengujian di sini adalah pengujian kemampuan mikroba dalam mengubah sifat fisik batuan dan fluida yang akan diteliti. Untuk mengetahui perubahan parameter-parameter tersebut maka pengujian dilakukan dua kali yaitu, sebelum dan sesudah perlakuan dengan mikroba. Secara skematis bagan alirnya dapat dilihat pada Gambar 1.

Mikroba yang digunakan dalam penelitian ini diambil langsung dari sumur-sumur yang sama dengan percontoh minyak, lalu digunakan metode isolasi strain dengan seleksi, yaitu mula-mula mikroba diisolasi langsung dari percontoh air formasi, kemudian dibiakkan pada media. Selanjutnya, mikroba yang terseleksi diadaptasikan pada media yang mengandung molase dan minyak dengan menggunakan air formasi sebagai cairan pencampur. Adaptasi dilakukan dua kali dengan komposisi media seperti yang disajikan pada Tabel 1. Semua media disterilkan dengan menggunakan autoclave pada temperatur 121 °C dan tekanan 15 psi selama 20 menit<sup>1)</sup>. Mikroba yang sudah diadaptasi, selanjutnya disiapkan untuk diuji pengaruhnya terhadap sifat fisik batuan dan fluida reservoir. Pada Tabel 2 dapat dilihat hasil isolasi mikroba.

#### 3.2.1. Pengukuran Porositas

Contoh batuan (core plug) yang akan diukur porositas berjumlah 6 buah, pengukuran dilakukan dua kali, yaitu sebelum dan sesudah perlakuan



dengan mikroba. Perinciannya adalah sebagai berikut:

- 6 buah diukur porositasnya sebelum perlakuan.
- 4 buah diukur porositasnya setelah perlakuan dengan bakteri mono culture.
- 2 buah diukur porositasnya setelah perlakuan dengan bakteri mix culture.

Perlakuan dengan mikroba dilakukan dengan cara memasukkan contoh batuan ke dalam labu erlemeyer yang berisi 100 ml crude oil dan 10 ml inkolum (bakteri dan molase), kemudian dimasukkan ke dalam pemanas yang berisi ke dalam pemanas yang bersuhu 60° C. Perlakuan ini dilakukan selama 21 hari. Hasil dari percobaan disajikan pada Tabel 3.

### 3.2.2. Pengukuran Permeabilitas

Seperti halnya pengukuran porositas, pada pengukuran permeabilitas juga dilakukan dua kali, yaitu sebelum dan sesudah perlakuan dengan mikroba. Contoh batuan (core plug) dan mikroba yang digunakan dalam percobaan juga sama dengan contoh batuan dan mikroba yang digunakan dalam pengukuran porositas. Hasil keseluruhan harga permeabilitas dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

### 3.2.3. Pengukuran Viskositas

Fluida yang digunakan untuk pengukuran viskositas minyak adalah crude oil dari sumur-sumur kajian yang sudah dipisahkan kandungan airnya. Caranya adalah sebagai berikut : mula-mula media uji disiapkan dalam tabung uji 1000 ml, lalu mikroba uji dimasukkan ke dalam nya. Kemudian tabung diinkubasi pada suhu 60°C selama 7 hari. Setelah itu diukur viskositas minyaknya, lalu dibandingkan hasilnya dengan pengukuran tanpa perlakuan dengan mikroba. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.

### 3.2.4. Pengukuran Tegangan Antarmuka

Pengukuran dilakukan terhadap 6 contoh fluida, yaitu 4 buah contoh yang perlakuannya dengan mikroba mono culture, sedangkan 2 buah contoh perlakuannya menggunakan mikroba mix culture. Caranya sama dengan pengukuran viskositas, bedanya lama lama perlakuan adalah 21 hari. Hasil pengukuran tegangan antarmuka baik sebelum ataupun sesudah perlakuan dengan mikroba dapat dilihat pada Tabel 6.

## IV. DISKUSI

Perolehan minyak bumi dengan teknologi yang ada sampai saat ini baru mencapai 30-40% dari seluruh cadangan minyak awal (original oil in place) yang terkandung di dalam reservoir, sedangkan

sisanya tetap terperangkap di dalam pori-pori batuan reservoir. Hal ini disebabkan karena : berkurangnya tekanan di dalam reservoir tersebut, kecilnya pori-pori matriks batuan reservoir, viskositas minyak yang kental dan besarnya tegangan antar muka minyak-air sehingga minyak tersebut sulit dikeluarkan dari pori-pori batuan. Salah satu usaha untuk meningkatkan perolehan minyak bumi adalah dengan teknik pengurasan lanjut atau lebih dikenal dengan istilah *Enhanced Oil Recovery* (EOR), dan yang sedang giat-giatnya dilakukan penelitiannya adalah *Microbial Enhanced Oil Recovery* (MEOR). Pada dasarnya semua metoda EOR mempunyai tujuan yang sama, yaitu mengubah sifat fisik batuan /fluida reservoir agar minyak sisa yang masih terperangkap dalam pori-pori batuan dapat dialirkan ke permukaan. MEOR adalah suatu metoda untuk menguras sisa cadangan minyak dengan cara menginjeksikan mikroorganisme ke dalam reservoir. Metode MEOR bersandar pada kemampuan mikroba untuk menghasilkan bioproduct yang diharapkan dapat mempengaruhi sifat fisik batuan dan fluida reservoir. Yang akan didiskusikan di sini adalah pengaruh penggunaan mikroba terhadap sifat fisik batuan (porositas dan permeabilitas) dan fluida reservoir (viskositas dan tegangan antar muka). Untuk lebih memudahkan, maka akan diurutkan sesuai langkah-langkah percobaan, yaitu mulai dari pengambilan sampel, isolasi mikroba sampai pengaruhnya terhadap sifat fisik batuan dan fluida reservoir yang akan diteliti.

Pengambilan sampel untuk keperluan isolasi mikroba diambil langsung dari sumur-sumur yang akan dikaji, hal ini dimaksudkan agar mikroba yang diperoleh sesuai dengan kondisi reservoir tempat asal mikroba tersebut (*indigenous bacteria*). Prosedur pengambilan sampel mengacu pada prosedur yang digunakan oleh Zobell<sup>6)</sup>, yaitu diambil langsung dari kepala sumur lalu dibawa ke laboratorium untuk diisolasi dan diadaptasikan pada kondisi reservoir. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa mikroba yang paling bagus populasinya pada suhu relatif tinggi (60 °C) ada lima jenis . Dari sini terlihat bahwa ada cukup banyak mikroba yang dapat hidup dan berpotensi untuk meningkatkan perolehan minyak. Mikroba-mikroba inilah yang diuji kemampuannya dalam mengubah porositas, permeabilitas, viskositas dan tegangan antar muka.

Dari Tabel 3 dan 4 dapat terlihat bahwa harga porositas dan permeabilitas cenderung mengalami kenaikan. Kenaikan tersebut kemungkinan disebabkan karena mikroba menghasilkan senyawa kimia yang secara umum disebut senyawa metabolit (asam). Senyawa ini dapat bereaksi dengan materi



yang ada dalam batuan<sup>21</sup>. Akibatnya pori-pori membesar. Mikroba sendiri dapat berada dalam minyak atau bebas, dia dapat menggunakan secara langsung materi tersebut. Apabila porositas naik dengan sendirinya permeabilitas batuan ikut naik jika viskositasnya turun. Pada penelitian ini viskositas minyak juga turun seperti diperlihatkan pada Tabel 5. Dengan turunnya harga porositas dan permeabilitas maka sisa minyak yang masih tertinggal di pori-pori batuan semakin mudah untuk didorong.

Pada Tabel 5 terlihat bahwa mikroba berhasil menurunkan viskositas minyak. Penurunan viskositas minyak tersebut kemungkinan besar disebabkan oleh aktivitas mikroba yang mendegradasi minyak mentah, dimana mikroba memotong-motong rantai hidrokarbon yang panjang menjadi beberapa rantai hidrokarbon yang lebih pendek<sup>22</sup>. Akibatnya terjadi pengurangan kadar rantai karbon yang panjang dan penambahan rantai karbon yang pendek. Dengan bertambahnya rantai karbon pendek maka akan menyebabkan terjadinya penurunan densitas minyak, sehingga viskositas minyak turun. Kemungkinan lain yang menyebabkan viskositas minyak turun adalah adanya produksi gas CO<sub>2</sub><sup>23</sup>. Hal ini terdeteksi dari terbentuknya gelembung-gelembung pada batas muka minyak-air. Dengan turunnya viskositas minyak maka akan meningkatkan mobilitas minyak sehingga terjadi penurunan pada perbandingan mobilitas antara air-minyak. Dengan demikian recovery minyak yang didapat semakin besar.

Pada Tabel 6 dapat dilihat perubahan-perubahan harga yang terjadi pada tegangan antar muka, hampir semua mengalami penurunan tegangan antar muka setelah perlakuan dengan mikroba. Penurunan tegangan antar muka ini disebabkan karena mikroba menghasilkan biosurfaktan dalam aktivitasnya. Dalam campuran minyak dan air sebagaimana terdapat dalam pori-pori batuan reservoir, molekul-molekul biosurfaktan ini terdapat pada antar muka minyak dan air. Bagian molekul yang hidrofil terlarut dalam air, dan sebagian lainnya terlarut dalam minyak. Keberadaan surfaktan di antar muka minyak dan air ini akan menyebabkan tegangan antar muka berkurang. Dengan penurunan tegangan antar muka ini maka minyak yang semula terperangkap dapat diproduksi kembali.

Dengan melihat hasil dari percobaan-percobaan dari penelitian ini, yang hampir semuanya menunjukkan pada perbaikan sifat fisik batuan dan fluida yang akan membantu proses EOR. Maka dapat dikatakan bahwa mikroba mempunyai potensi untuk dijadikan sebagai salah satu usaha peningkatan

perolehan minyak bumi, terutama pada lapangan-lapangan tua. Namun untuk penerapan di lapangan, tentunya harus dilakukan uji skala terbatas (pilot) sebelum memutuskan untuk menerapkan pada skala lapangan secara penuh.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan di laboratorium dan diskusi dapat disimpulkan bahwa :

1. Dengan perlakuan selama 21 hari, mikroba mampu menaikkan harga porositas sebesar 2% sampai 4%, dan harga permeabilitas naik sebesar 4 sampai 22% yang akan mempermudah minyak untuk mengalir.
2. Hasil perlakuan selama 7 hari, mikroba mampu menurunkan harga viskositas minyak sebesar 4,82% sampai 27,10%. Ini berarti potensi untuk menaikkan efisiensi penyapuan lebih baik.
3. Demikian juga setelah diuji coba dengan perlakuan selama 21 hari, mikroba dapat menurunkan tegangan antar muka minyak-air sebesar 8,45% sampai 15,03%, maka ada potensi untuk menaikkan efisiensi pendesakan.

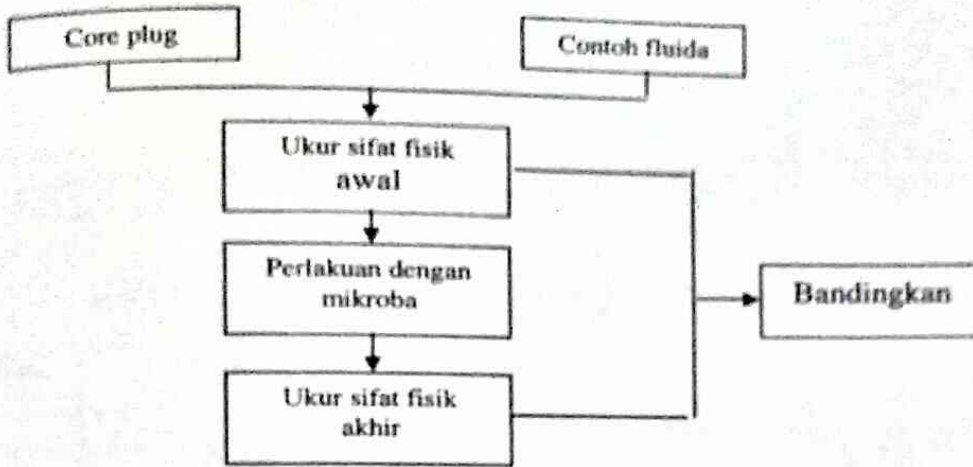
## VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Harrigan, W.F., Mc. Cance, M.E., 1966, "Laboratory Methods in Microbiology", Academic Press, London.
2. Harry Budiharjo Sulistyarso, 1998, "Studi Laboratorium Tentang Pengaruh Injeksi Mikroba Terhadap Sifat Fisik Dan Fluida Reservoir", Tesis Magister, Program Pascasarjana, Institut Teknologi Bandung.
3. Moses, V., Springham, D.G., 1982, "Bacteria and The Enhanced Oil Recovery", Applied Science Publishing Limited, London
4. Sublette, Kerry L., 1993, "Short Course on Microbial Enhanced Oil Recovery", Organized by PT. Sarkindo Mulia.
5. Updegraf, David M., 1983, "The effect of Microorganisms on the Permeability and Porosity of Petroleum Reservoir Rock in Microbial Enhanced Oil Recovery", PennWell Publishing Company, Tulsa, Oklahoma.
6. Zobell, C.E., 1960, "The Role of Microorganisms in Petroleum Formation; Bacteria Activities and the Origin of Oil", Gulf Publishing Company, Houston, Texas,



LAMPIRAN

Gambar 1 : Bagan Alir Penelitian



Tabel 1 : Adaptasi Media

Komposisi	Media Adaptasi I	Media Adaptasi II
Minyak mentah	10%	10%
Molase	2%	1%
PH	7	7

Tabel 2 : Hasil Isolasi Mikroba

No.	Mikroba	Lokasi	Bentuk	Gram Staining	Temperatur, °C			
					25	40	50	60
1	M <sub>1</sub>	HB # 6	Rod shape	Negatif	++	+++	+	+
2	M <sub>2</sub>	HB # 6	Rod shape	Negatif	++	+++	+	+
3	M <sub>3</sub>	HB # 6	Bacillus	Negatif	++	+++	++	++
4	M <sub>4</sub>	HB # 6	Bacillus	Negatif	+++	+++	+	+
5	M <sub>5</sub>	HB # 6	Rod shape	Pos/Neg	++	++	++	++
6	M <sub>6</sub>	HB # 6	Coccus	Negatif	+	-	-	-
7	M <sub>7</sub>	HB # 6	Rod shape	Negatif	-	-	-	-
8	M <sub>8</sub>	HB # 5	Rod shape	Negatif	+	++	++	++
9	M <sub>9</sub>	HB # 5	Rod shape	Negatif	++	+	+	-
10	M <sub>10</sub>	HB # 5	Rod shape	Positif	+	++	-	-
11	Z <sub>1</sub>	SS # 3	Bacillus	Positif	+++	+++	+	+
12	Z <sub>2</sub>	SS # 4	Tetra coccus	Negatif	+	+	+	+
13	Z <sub>3</sub>	SS # 3	Staphio coccus	Negatif	++	++	++	++
14	Z <sub>4</sub>	SS # 3	Coccus	Negatif	++	+	+	+
15	Z <sub>5</sub>	SS # 3	Bacillus	Negatif	+++	++	++	++
16	Z <sub>6</sub>	SS # 3	Bacillus	Negatif	+++	+++	+	+
17	Z <sub>7</sub>	SS # 3	Bacillus	Positif	+++	+++	+	+
18	Z <sub>8</sub>	SS # 4	Bacillus	Negatif	+++	+++	++	++

Catatan :

- : Tidak ada koloni  
++ : Koloni menengah

+ : Koloni tipis  
+++ : Koloni tebal



Tabel 3 : Hasil Pengukuran Porositas Batuan Sebelum dan Sesudah Perlakuan

No.	Contoh Batuan	Contoh Minyak	Mikroba	$\phi$ Sebelum, (%)	$\phi$ Sesudah, (%)
1	HB # 8	HB # 5			
2	HB # 7	HB # 6	M <sub>5</sub>	28,78	29,41
3	SS # 5	SS # 3	M <sub>3</sub>	33,82	34,58
4	SS # 6	SS # 4	Z <sub>3</sub>	29,41	30,05
5	HB # 8	HB # 5	Z <sub>8</sub>	23,89	30,05
6	SS # 5	SS # 3	M <sub>3</sub> + M <sub>5</sub>	32,16	33,58
			Z <sub>3</sub> + Z <sub>5</sub>	23	23,79

Tabel 4 : Hasil Pengukuran Permeabilitas Batuan Sebelum dan Sesudah Perlakuan

No.	Contoh Batuan	Contoh Minyak	Mikroba	k Sebelum, mD	k Sesudah, mD
1	HB # 8	HB # 5			
2	HB # 7	HB # 6	M <sub>5</sub>	182	191
3	SS # 5	SS # 3	M <sub>3</sub>	1917	2150
4	SS # 6	SS # 4	Z <sub>3</sub>	695	720
5	HB # 8	HB # 5	Z <sub>8</sub>	68	83
6	SS # 5	SS # 3	M <sub>3</sub> + M <sub>5</sub>	856	1036
			Z <sub>3</sub> + Z <sub>5</sub>	74	78

Tabel 5 : Hasil Pengukuran Viskositas Minyak Sebelum dan Sesudah Perlakuan

No.	Contoh Fluida	Mikroba	Viskositas Sebelum, (cSt)	Viskositas Sesudah, (cSt)
1	HB # 5	M <sub>5</sub>	11,518	8,917
2	HB # 6	M <sub>3</sub>	12,778	11,349
3	SS # 3	Z <sub>3</sub>	17,594	15,581
4	SS # 4	Z <sub>8</sub>	12,480	11,878
5	HB # 5	M <sub>3</sub> + M <sub>5</sub>	11,516	8,397
6	SS # 3	Z <sub>3</sub> + Z <sub>5</sub>	17,594	22,280

Tabel 6 : Hasil Pengukuran Tegangan Antar muka Sebelum dan Sesudah Perlakuan

No.	Contoh Fluida	Mikroba	TAM Sebelum, (mN/m)	TAM Sesudah, (mN/M)
1	HB # 5	M <sub>5</sub>	7,13	8,22
2	HB # 6	M <sub>3</sub>	11,71	10,72
3	SS # 3	Z <sub>3</sub>	11,31	10,34
4	SS # 4	Z <sub>8</sub>	13,91	12,53
5	HB # 5	M <sub>3</sub> + M <sub>5</sub>	7,13	7,20
6	SS # 3	Z <sub>3</sub> + Z <sub>5</sub>	11,31	9,61

- hbs-

