

Kemampuan Air Kelapa sebagai Nutrisi untuk Pertumbuhan Mikroba Minyak Bumi

Oleh: Sri Kadarwati, Witono Basuki¹⁾ dan Aris Rudiyanto²⁾

Peneliti Utama pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"

¹⁾ Witono Basuki, doktor di bidang Bioteknologi, Univ. Al Azhar

²⁾ Aris Rudiyanto, alumnus Prodi Bioteknologi, FMIPA, Univ. Al Azhar

Teregistrasi I Tanggal 21 Januari 2009; Diterima setelah perbaikan tanggal 24 Februari 2009

Disetujui terbit tanggal: 20 Mei 2009

S A R I

Pertumbuhan dan aktivitas mikroba di lingkungan minyak bumi dapat berdampak positif yang perlu dimanfaatkan, antara lain dalam pengolahan limbah minyak dan teknologi MEOR (*microbial enhanced oil recovery*). Metabolit yang dihasilkan tergantung pada komposisi nutrisi, jenis mikroba, dan kondisi lingkungannya. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan air kelapa sebagai nutrisi untuk pertumbuhan mikroba minyak bumi. Percobaan dilakukan pada suhu uji 50°C dan dengan tiga variasi media M1, M2, M3, dan mikroba yang digunakan adalah campuran bakteri hasil isolasi dari Sumur 1. Parameter yang diuji adalah pertumbuhan mikroba, viskositas minyak bumi, tegangan antarmuka medium-minyak, dan derajat keasaman. Hasil percobaan menunjukkan bahwa penurunan tegangan antarmuka terbesar terjadi pada media M3 (85,66%), kemudian M2 (47,63%). Sedangkan untuk viskositas minyak bumi, dengan media M3 naik 23,06% dan media M2 turun 33,14%. Untuk media M1 tidak ada penurunan dari keduanya. Derajat keasaman untuk ketiga media masih dalam batas kisaran pertumbuhan mikroba. Dari hasil ini menunjukkan bahwa media M2 dan M3 mempunyai prospek untuk teknologi MEOR.

Kata kunci : air kelapa, mikroba, minyak bumi

ABSTRACT

The growth and activities of microbe in crude oil sites can give positive effect that must be exploited, such as in oily waste treatment and MEOR technology (microbial enhanced oil recovery). The metabolites production depends on composition of nutrition, genus of microbes, and environment condition. The objective of this research is to examine the ability of coconut milk as a nutrition for the growth of microbes in crude oil sites. In this experiment three various media of M1, M2, M3 was applied at 50°C. The mixed culture bacteria were used as microbes that isolated from Well 1. The parameter to be observed were microbial growth, viscosity of crude oil, interfacial tension of medium-crude oil, and acidity. The result of this experiments exhibit that M3 is the greatest of decreasing interfacial tension (85.66%), followed by M2 (47.63%). Media M3 can increase crude oil viscosity 23.06% and in media M2 decrease 33.14%. Decreasing of the viscosity and IFT is not shown in media M1. The acidity for all three media are still in range of microbial growth. Media M2 and M3 have a prospect for MEOR technology.

Key words: Coconut water, microbe, crude oil.

I. PENDAHULUAN

Komposisi minyak bumi terdiri atas karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen, sulfur, dan mineral. Kondisi ini cocok bagi pertumbuhan mikroba. Mikroba sama dengan makhluk hidup lainnya, memerlukan suplai

nutrisi sebagai sumber energi dan pertumbuhan selnya. Ketiadaan atau kekurangan sumber-sumber nutrisi dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroba hingga pada akhirnya dapat menyebabkan kematian. Hidrokarbon merupakan sumber utama nutrisi dan energi yang digunakan oleh bakteri dalam aktivitasnya

di lingkungan minyak bumi termasuk sumur minyak bumi. Sedangkan unsur lain seperti air, mineral, nitrogen, dan senyawa organik lainnya diperoleh dari air formasi dan batuan reservoir.

Sumber karbon lainnya yang dapat digunakan mikroba bagi pertumbuhannya adalah air kelapa. Air kelapa mengandung sejumlah zat gizi, yaitu protein, lemak, gula, sejumlah vitamin, asam amino, dan hormon pertumbuhan. Unsur-unsur dalam air kelapa inilah yang dapat dimanfaatkan oleh mikroba bagi pertumbuhannya antara lain sebagai sumber karbon. Air kelapa oleh beberapa orang masih dianggap sebagai limbah, padahal merupakan bagian penting lain dari buah kelapa. Produksi air kelapa cukup berlimpah di Indonesia, yaitu mencapai lebih dari dua juta liter per tahun. Namun pemanfaatannya dalam industri belum begitu menonjol, sehingga masih banyak air kelapa yang terbuang percuma. Selain mubazir, buangan air kelapa dapat menimbulkan polusi asam asetat yang terbentuk akibat fermentasi air kelapa.

Pertumbuhan mikroba selain tergantung pada nutrisi, juga jenis mikroba, dan kondisi lingkungannya. Komposisi nutrisi ini yang sesuai dan potensial serta kondisi lingkungan dimanfaatkan antara lain untuk peningkatan perolehan minyak (*Microbial Enhanced Oil Recovery*, MEOR) dengan bantuan mikroba yang menghasilkan metabolit atau bioproduk.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Aktivitas dan Pertumbuhan Mikroba di Lingkungan Minyak Bumi

Kemampuan mikroba untuk tetap hidup dan tumbuh merupakan suatu hal yang penting untuk diketahui. Pengetahuan tentang faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba sangat penting di dalam mengendalikan aktivitas dan pertumbuhan mikroba. Faktor-faktor tersebut seperti diuraikan berikut ini.

1. Nutrisi

Nutrisi merupakan sumber energi bagi pertumbuhan mikroba, sama dengan makhluk lainnya. Unsur-unsur dasar tersebut adalah: karbon, nitrogen, hidrogen, oksigen, sulfur, fosfor, zat besi, dan sejumlah

Tabel 1
Komposisi air kelapa

Komposisi	Persentase (%)	Komposisi	Persentase (%)
Air	95,5	Karbohidrat	4,0
Protein	0,1	Kalsium	0,02
Lemak	0,1	Fosfor	0,001
Mineral	0,4	Besi (mg/100g)	0,5

Sumber : Thampam, 1975, <http://www.fao.org/docrep/x0451e.htm>

kecil logam lainnya. Nutrisi yang cocok bagi pertumbuhan mikroba di lingkungan minyak bumi akan sangat mendukung sekali antara lain dalam proses peningkatan perolehan minyak, karena bioproduk yang dihasilkan oleh mikroba ditentukan oleh jenis dan komposisi nutrisi yang dikonsumsi mikroba tersebut.

a. Air Kelapa

Produksi air kelapa cukup berlimpah di Indonesia, mencapai lebih dari dua juta liter per tahun. Satu buah kelapa rata-rata mengandung sekitar 200 mL air kelapa. Jumlah ini dipengaruhi oleh ukuran kelapa, varietas, kematangan, dan kesegaran kelapa. Sedangkan komposisi air kelapa tergantung pada umur kelapa dan varietasnya. Adapun komposisi air kelapa seperti disajikan pada Tabel 1. Air kelapa mengandung sejumlah zat gizi, termasuk gula. Kandungan gula maksimal, yaitu sebesar 3 gram per 100 mL air kelapa, tercapai pada bulan keenam umur buah, kemudian menurun dengan semakin tuanya kelapa. Jenis gula yang terkandung adalah glukosa, fruktosa, sukrosa, dan sorbitol. Gula-gula inilah yang menyebabkan air kelapa muda terasa lebih manis dibandingkan dengan air kelapa yang tua.

b. Amonium Sulfat

Beberapa media ditambah dengan bahan kimia anorganik seperti amonium sulfat sebagai sumber nitrogen tambahan. Amonium sulfat adalah senyawa yang mengandung 21% nitrogen dalam bentuk ion amonium dan 24% sulfur dalam bentuk ion sulfat. Penambahan amonium sulfat ini bertujuan untuk memperkaya media pertumbuhan.

2. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor penting dalam pertumbuhan mikroba. Apabila suhu naik, kecepatan

metabolisme naik dan pertumbuhan dipercepat. Sebaliknya apabila suhu turun, pertumbuhan diperlambat. Pada proses metabolisme, terjadi suatu rangkaian reaksi kimia, sehingga kenaikan temperatur sampai pada nilai batas tertentu dapat mempercepat proses metabolisme. Apabila suhu naik atau turun secara dratis, tingkat pertumbuhan akan terhenti, komponen sel menjadi tidak aktif dan rusak, sehingga sel-sel mati, karena pada suhu yang melebihi suhu maksimal akan menyebabkan denaturasi protein dan enzim. Sedangkan pada suhu rendah terjadi perubahan keadaan koloidal protoplasma yang tidak reversibel.

Berdasarkan hal di atas, maka suhu yang berkaitan dengan pertumbuhan mikroba digolongkan menjadi tiga, yaitu suhu minimum, suhu optimum, dan suhu maksimum, dan berdasarkan hal tersebut, mikroba digolongkan menjadi lima kelompok, seperti disajikan pada Tabel 2.

Suhu reservoir di Indonesia berkisar antara 35°C sampai 100°C. Berdasarkan toleransi terhadap suhu, kelompok bakteri yang dapat hidup di lingkungan minyak bumi adalah bakteri kelompok mesofil, termofil, dan ekstrem termofil yaitu bakteri yang dapat hidup pada kisaran suhu di atas 80°C. Bakteri ekstim termofilik seperti *Bacillus* sp. dapat tumbuh dan memproduksi biosurfaktan pada temperatur di atas 408°C (Banat 1993).

3. Derajat Keasaman

Setiap organisme memiliki kisaran derajat keasaman (pH) masing-masing dan memiliki pH optimum yang berbeda-beda. Nilai pH air formasi dalam lingkungan minyak bumi sangat bervariasi yaitu sekitar 3,0 – 9,9 tergantung karakteristik tiap sumur minyak bumi, sedangkan bakteri umumnya hidup pada pH 4 – 9 sehingga variasi pH sumur minyak bumi tidak menjadi penghalang pertumbuhan mikroba (Pelczar dan Chan, 1994).

Pada *Pseudomonas* sp., produksi rhamnolipida berlangsung maksimum pada rentang pH 6 – 6,5 dan akan menurun pada pH di atas 7. Powalla dkk. (1989) melaporkan bahwa pada kisaran pH 6,5 – 8 tidak terjadi pengaruh pada produksi penta- dan disakarida lipida oleh *Nocardia corynbacteroides*. Abu-Ruwaida dkk. (1991) menyebutkan bahwa tegangan permukaan dan konsentrasi kritik misel

(CMC) biosurfaktan tetap stabil pada rentang pH yang lebar.

B. Mikroba Potensial di Lingkungan Minyak Bumi

Beberapa mikroba yang dapat hidup di lingkungan minyak bumi antara lain di dalam reservoir yaitu *Actinobacillus*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Chromobacterium*, *Coryne-bacterium*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Hafniae*, *Neisseria*, *Pseudomonas*, dan *Staphylococcus*. Mikroba yang tumbuh dalam aktivitasnya akan menghasilkan metabolit dalam bentuk enzim dan bioproduk. Bioproduk yang dihasilkan adalah biosurfaktan yang dapat berguna untuk teknologi MEOR.

Berbagai penelitian telah banyak dilakukan mengenai biosurfaktan dan mikroba penghasilnya seperti diuraikan di bawah ini dan dapat dilihat pada Tabel 3.

a. *Bacillus subtilis*

B. subtilis dalam aktivitasnya menghasilkan biosurfaktan yang sangat efektif yaitu surfaktin. Menurut Arima dkk (1968) dalam Nugrahaningtyas (1999), dengan konsentrasi yang sangat kecil (hanya 0,005%), surfaktin (C₅₃H₉₃N₇O₁₃), suatu lipopeptida yang mampu menurunkan tegangan antarmuka dari 72 mN/m menjadi 27 mN/m. Dewasa ini, surfaktin masih merupakan biosurfaktan yang paling baik.

b. *Bacillus licheniformis* strain JF-2

B. licheniformis strain JF-2 efektif pada konsentrasi natrium atau kalsium seperti dalam berbagai reservoir minyak. Menurut McInerney dkk

Tabel 2
Penggolongan bakteri menurut suhu

Kelompok	Suhu Minimum	Suhu Optimum	Suhu Maksimum
Psikrofil	- 15°C	10°C	20°C
Psikrotrof	- 1°C	25°C	35°C
Mesofil	5 – 10°C	30 – 37°C	40°C
Thermofil	40°C	45 – 55°C	60 – 80°C
Thermotrof	15°C	42 – 46°C	50°C

Sumber : Pelczar 1986

(1990), ditemukan bahwa tegangan antarmuka terendah terjadi bila konsentrasi NaCl adalah 5% atau lebih. Javaheri dkk (1985) mengatakan bahwa salah satu komponen dari biosurfaktan yang dihasilkan oleh strain JF-2 mempunyai struktur yang hampir sama dengan struktur surfaktin.

c. *Pseudomonas aeruginosa*

Berdasarkan penelitian Zhang dkk (1992), dapat diisolasi dua strain bakteri *P. aeruginosa* yaitu strain MEOR 171 (dari air injeksi) dan strain MEOR 172 (dari air produksi). Kedua strain tersebut menghasilkan biosurfaktan yang mirip rhamnolipida.

Biosurfaktan dari MEOR 171 dapat menurunkan tegangan antarmuka air injeksi dari 72 mN/m sampai 29 mN/m. Sedangkan MEOR 172 dapat menurunkan sampai 25 mN/m. Biosurfaktan ini diproduksi dalam kultur media yang mengandung glukosa.

d. *Pseudomonas fluorescens*

Biosurfaktan yang dihasilkan *P. fluorescens* disebut viscosin. Pengujian viscosin memberikan hasil tegangan antarmuka 26,5 mN/m dan konsentrasi misel kritis 0,15 mg/mL. Viscosin adalah suatu peptidolipida dan aktivitas permukaan hampir identik dengan surfaktin karena kedua peptidolipida mengandung asam lemak dan mempunyai lima asam amino hidrofob.

III. METODOLOGI PERCOBAAN

A. Mikroba dan Media

Mikroba yang digunakan adalah campuran bakteri hasil isolasi dari salah satu sumur minyak di Indonesia (Sumur 1). Sedangkan media yang digunakan pada penelitian ini divariasikan dalam tiga jenis media yaitu M1, M2, dan M3. Sebagai media dasar digunakan minyak mentah dan air formasi dari Sumur 1. Untuk media M1 ditambah dengan nutrient broth (NB), M2 ditambah dengan air kelapa jumlahnya sama dengan NB, dan M3 ditambah air kelapa dan

Tabel 3
Mikroba penghasil biosurfaktan

Mikroba	Biosurfaktan	Reference
<i>Acinetobacter</i> sp.	Fosfatidiletanolamin	Desai dan Desai, 1993
<i>Arthrobacter</i> sp.	Trehalosa, sukrosa & fruktosa lipida	Suzuki et al, 1974
<i>B. licheniformis</i> JF-2	Lipopeptida	McInerney et al, 1990
<i>B. licheniformis</i> 86	Lipopeptida	Horowitz et al, 1990
<i>B. subtilis</i>	Surfaktin	Desai dan Desai, 1993
<i>Bacillus</i> sp. AB-2	Rhamnolipida	Banat, 1993
<i>Candida bombicola</i>	Sophorosa lipida	Gobbert et al, 1984
<i>P. aeruginosa</i>	Rhamnolipida	Karnovsky, 1958
<i>P. aeruginosa</i> SB-30	Glikolipida	Chakrabarty, 1985
<i>P. fluorescens</i>	Viscosin	Desai dan Desai, 1993
<i>Pseudomonas</i> sp.	Rhamnolipida	Syldatk dkk., 1985
<i>Rhodococcus</i> sp. ST-5	Glikolipida	Abu Ruwaida et al, 1991
<i>R. Erythropolis</i>	Trehalolipida	Rapp dkk., 1979
<i>Torulopsis magnoliae</i>	Sophorolipida	Tulloch dkk., 1962
<i>T. bombicola</i>	Sophorolipida	Desai dan Desai, 1993

amonium sulfat sebagai pengkaya sumber nitrogen dan sulfur. Air kelapa sebelum digunakan disaring terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran dan partikel padat.

Campuran bakteri ditanam langsung di media NB disebut sebagai media M1. Untuk mendapatkan media M2 yaitu 100% air kelapa, campuran bakteri perlu diadaptasi terlebih dahulu dalam campuran media NB dan air kelapa secara bertahap, sehingga akhirnya diperoleh media M2. Kemudian M2 ditambah dengan amonium sulfat, menjadi media M3.

B. Uji Aktivitas Mikroba

Percobaan dilakukan pada suhu uji 50°C, secara duplo. Pengamatan populasi pertumbuhan campuran bakteri dilakukan setiap interval waktu tertentu mulai dari jam ke-0 sampai dengan jam ke-94. Untuk parameter viskositas minyak bumi, tegangan antarmuka medium-minyak, dan derajat keasaman, pengamatan dilakukan pada jam ke-0 dan jam ke-94.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pertumbuhan Populasi Campuran Bakteri

Campuran bakteri Sumur 1, yang ditanam di tiga variasi media M1, M2, dan M3, menunjukkan adanya

pertumbuhan. Pertumbuhan populasi mikroba ini ditunjukkan dalam Gambar 1 dan dalam gambar tersebut tampak bahwa pada jam ke-5 terjadi peningkatan populasi pada media M1, M2, dan M3. Di media M1, populasi meningkat dari $5,00 \times 10^3$ sel/mL menjadi $4,80 \times 10^5$ sel/mL. Pada media M2, populasi meningkat dari $9,10 \times 10^6$ sel/mL menjadi $3,30 \times 10^7$ sel/mL. Bahkan pada media M3 peningkatan populasi sangat signifikan yaitu dari $2,30 \times 10^3$ sel/mL menjadi $2,98 \times 10^7$ sel/mL. Titik stasioner mulai terjadi pada jam ke-16 sampai dengan jam ke-20 dan mulai mengalami penurunan pada jam ke-40. Dari hasil penelitian ini, terlihat bahwa sampai dengan jam ke-40 populasi di M3 masih cukup baik, selain itu populasi di M2 lebih baik daripada populasi di M1.

B. Perubahan Viskositas Minyak Bumi

Bioproduk hasil aktivitas mikroba, dapat menurunkan atau meningkatkan viskositas minyak bumi. Penurunan viskositas oleh bioproduk ini antara lain disebabkan oleh terbentuknya biosolven, biogas, atau karena adanya kegiatan biodegradasi hidrokarbon. Sedangkan bioproduk peningkat viskositas minyak bumi, dapat berupa biopolimer ataupun biomassa yang terbentuk dari aktivitas mikroba dalam air formasi, yang teremulsi dalam lapisan minyak bumi. Penurunan viskositas minyak bumi, akan mempermudah aliran minyak bumi dari pori-pori reservoir ke permukaan.

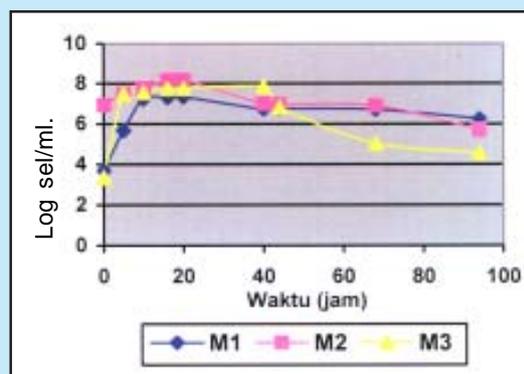
Dari hasil percobaan yang ditunjukkan dalam Tabel 4, terlihat bahwa pada pengukuran jam ke-94, di media M1 dan M3 tampak adanya kenaikan viskositas minyak bumi, sebesar 17,45% dan 23,06%. Sedangkan untuk media M2 terjadi penurunan viskositas sebesar 33,14%.

Dari ketiga media yang diuji, media M2 (air

kelapa) yang mampu menurunkan viskositas minyak bumi. Secara umum dapat digambarkan bahwa media M2 sesuai bagi aktivitas bakteri dalam menghasilkan produk penurun viskositas minyak bumi.

C. Perubahan Tegangan Antarmuka

Besarnya tegangan antarmuka (*interfacial tension*, IFT) akan turun jika campuran dua fluida menuju ke titik kritis (terjadi keseimbangan gaya antar molekul). Pada titik kritis, nilai IFT=0, sehingga IFT dapat digunakan sebagai ukuran kemampuan untuk bercampur. Metabolit berupa biosurfaktan diketahui mampu menurunkan IFT minyak bumi dengan air formasinya. Penurunan IFT akan mempermudah pengaliran minyak bumi dan air formasinya ke dalam pori-pori reservoir. Apabila terjadi penurunan IFT, maka diperkirakan bahwa bakteri selama pertumbuhannya, menghasilkan biosurfaktan dalam



Gambar 1
Pertumbuhan campuran bakteri dalam media M1, M2, dan M3 pada suhu 50°C

Tabel 4
Pengaruh variasi nutrisi terhadap perubahan viskositas minyak bumi

Jenis Media	Viskositas (mPas)						
	Perlakuan		Kontrol		Perubahan		
	Jam ke-0	Jam ke-94	Jam ke-0	Jam ke-94	Naik	Turun	Persentase
M1	15,87	27,6	15,87	24,83	2,77	-	17,45%
M2	15,87	17,1	15,87	22,36	-	5,26	33,14%
M3	15,87	26,35	15,87	22,69	3,66	-	23,06%

mediannya. Pengukuran ini untuk melihat pengaruh aktivitas kultur campuran bakteri dari Sumur 1 dalam variasi ketiga media. Hasil pengukuran IFT disajikan pada Tabel 5.

Penurunan IFT tertinggi terjadi pada media M3, yaitu sebesar 85,66% atau 6,33 mN/m. Dalam media M2, IFT menurun sebesar 47,63% atau 3,51 mN/m. Sedangkan pada media M1 terjadi kenaikan IFT sebesar 26,20% atau 2,02 mN/m.

Dengan adanya penurunan IFT menunjukkan bahwa kultur campuran bakteri dari Sumur 1 pada media M2 dan M3 mampu menghasilkan bioproduk yang dapat menurunkan IFT seperti biosurfaktan. Biosurfaktan merupakan zat yang dihasilkan oleh mikroba sebagai metabolit sekunder yang dapat berupa lipopeptida yang mengandung asam karboksilat dan asam amino. Sedangkan kenaikan nilai IFT terjadi pada media M1. Kenaikan ini dapat disebabkan oleh zat-zat seperti garam dari asam organik, elektrolit anorganik, gliserin, diol, dan lain-lain.

D. Perubahan Derajat Keasaman

Sifat kimia minyak bumi yang dipengaruhi oleh pertumbuhan bakteri antara lain derajat keasaman (pH). Perubahan pH ini disebabkan oleh metabolit

bioasam yang dapat menunjang pertumbuhan optimal dari bakteri serta dapat memperbesar porositas reservoir, sehingga dapat mempermudah pengaliran. Pembentukan metabolit bioasam ditandai dengan penurunan pH media.

Melalui pengukuran pH, akan diperoleh kondisi pH selama proses berlangsung, sehingga dapat diketahui kisaran pH optimum untuk aktivitas pertumbuhan mikroba. Untuk pertumbuhan mikroba, pH yang baik adalah berkisar antara 5 – 8,5. Dari hasil pengukuran pH, terhadap media uji, didapat bahwa pH media tersebut berkisar antara 5 – 8,5. Fenomena ini menunjukkan bahwa pH media M1, M2, dan M3 mendukung aktivitas mikroba.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa media M1 yang digunakan tidak dapat menghasilkan bioasam. Sedangkan pada media M2 dan M3 dapat menghasilkan bioasam seperti disajikan pada Tabel 6.

Pada perlakuan dengan media M1, perubahan pH dari 8,08 pada jam ke-0, menjadi 8,27 pada jam ke-94, adalah sebesar 0,42. Sedangkan penurunan pH yang nyata setelah jam ke-94 terjadi pada media M2 sebesar 0,85 dan media M3 sebesar 0,84.

Kultur campuran bakteri dari Sumur 1

Tabel 5
Pengaruh variasi nutrisi terhadap perubahan IFT

Jenis Media	IFT (mN/m)						
	Perlakuan		Kontrol		Perubahan		
	Jam ke-0	Jam ke-94	Jam ke-0	Jam ke-94	Naik	Turun	Persentase
M1	7,71	9,98	7,73	7,98	2,02	-	26,20%
M2	7,37	3,51	7,33	6,98	-	3,51	47,63%
M3	7,39	0,63	7,38	6,95	-	6,33	85,66%

Tabel 6
Pengaruh variasi nutrisi terhadap perubahan nilai pH

Jenis Media	pH					
	Perlakuan		Kontrol		Perubahan	
	Jam ke-0	Jam ke-94	Jam ke-0	Jam ke-94	Naik	Turun
M1	8,08	8,27	8,11	7,88	0,42	-
M2	6,8	5,73	6,83	6,61	-	0,85
M3	6,92	5,86	6,97	6,75	-	0,84

menunjukkan bahwa ada aktivitas yang bervariasi. Adanya kegiatan ini dapat dilihat dari kenaikan populasi, perubahan viskositas minyak bumi, tegangan antarmuka medium-minyak, dan pH. Hasil tersebut kemungkinan banyak dipengaruhi oleh variasi media. Dalam media M1, M2, dan M3 terjadi kenaikan populasi, walaupun demikian, pada media M1, IFT antara minyak bumi dengan air formasi dan pH media serta viskositas minyaknya terjadi kenaikan dan pada media M2 dan M3 semuanya turun. Hal ini menunjukkan bahwa selama pengujian terjadi aktivitas mikroba. Dari hasil-hasil percobaan di atas, terlihat bahwa dalam media M2 dan M3 terjadi perubahan kondisi yang mempunyai prospek untuk dikembangkan dalam teknologi MEOR pada Sumur 1. Pada media M2 terjadi penurunan viskositas dan IFT. Pada media M3 walaupun terjadi kenaikan viskositas, tetapi penurunan IFT sangat besar mencapai 85,66%. Pada media M1 hasil pengamatan IFT, viskositas, dan pH menunjukkan prospek yang tidak menguntungkan untuk teknologi MEOR pada Sumur 1.

V. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada penggunaan media M2 terjadi penurunan viskositas sebesar 5,26 mPas (33,14%), penurunan tegangan antarmuka 3,15 mN/m (47,63%), dan penurunan derajat keasaman sebesar 0,85 dan mempunyai prospek untuk teknologi MEOR.
2. Pada penggunaan media M3 terjadi penurunan tegangan antarmuka sangat besar 6,33 mN/m (85,66%), kenaikan viskositas sebesar 3,66 mPas (23,06%), dan penurunan derajat keasaman sebesar 0,84 dan mempunyai prospek untuk teknologi MEOR.
3. M1 tidak menguntungkan untuk teknologi MEOR.

KEPUSTAKAAN

1. Abu Ruwaida, A.S., I.M. Banat, S. Haditirto, S. Salem, and M. Kadri. 1991. Isolation of Biosurfactant Producing Bacteria, Product Characterization and Evaluation. *Acta Biotechnol.* 11315-324.
2. Banat, I.M. 1993. The Isolation of A Thermophilic Biosurfactant Producing *Bacillus* sp. *Biotechnol. Lett.* 15591-594.
3. Javaheri, Mohammad, Jenneman, Gary E., McInerney, M.J., and Knapp, Roy M., 1985, Anaerobic Production of A Biosurfactant by *Bacillus licheniformis* JF-2, *American Society for Microbiology*, USA.
4. McInerney, M.J., 1990. Current Assesment of Microbial Processes to Enhanced the Recovery of Oil, *Report for UNIDO Technical Program*.
5. Nugrahaningtyas, Yurike Lasmita. 1999. Fenomena Perubahan Tegangan Antarmuka Minyak Air Sumur P-02 dan P-03 oleh Mikroba Indigen. *Skripsi Sarjana*. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
6. Pelczar, Michael J. 1986. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Michael J. Pelczar dan E.C.S. Chan; penerjemah, Ratna Sari Hadioetomo.../et al/-Cet 1. Jakarta. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press), h. 99-157.
7. Powalla, M., S Lang, and V. Wray, 1989. Penta- and disaccharide Lipid Formation by *Nocardia Corynebacteroides* Grown on n-alkanes. *Appl. Microbiol, Biotechnol.* 31473-479.
8. Zhang, Yi Min and Miller, raina M., October 1992, Enhanced Octadecene Dispersion and Biodegradation by A *Pseudomonas* Rhamnolipid Surfactant (Biosurfactant), *Applied and Environmental Microbiology*, American Society for Microbiology.
9. Thampan, 1975, <http://www.fao.org/docrep/x0451e.htm>