

---

Agustus 2007

## **JURNAL TEKNOLOGI PERTANIAN**

**UNIVERSITAS MULAWARMAN**

### **Penelitian**

Kajian Ketahanan Surfaktan Metil Sulfonat (MES) sebagai *Oil Well Stimulation Agent* terhadap Aktivitas Bakteri di Lingkungan Minyak Bumi (*Study on the Resistence of Methyl Sulphonate (MES) as an Oil Well Stimulating Agent from the Activity of Bacteria on Petroleum Environment*) **Khaswar Syamsu, Ani Suryani, Erliza Hambali, Tatit K. Bunasor, Arya Andhika**

Kombinasi Perendaman dalam Natrium Hidroksida dan Aplikasi Kitin Deasetilase terhadap Kitin Kulit Udang untuk Menghasilkan Kitosan dengan Berat Molekul Rendah (*Combination of Soaking in Sodium Hydroxide and Chitin Deacetylase Application on Shrimp Chitin in Producing Low Molecular Weight Chitosan*) **Aswita Emmawati, Betty Sri Laksmi Jenie, Yusro Nuri Fawzya**

Isolasi Jamur Penghasil Lipase dari Tanah, Tempe, dan Ragi Tempe (*Isolation of Lipase-Producing Molds from Soil, Tempeh, and Tempeh "Ragi"*) **Yuliani, Chusnul Hidayat, Supriyadi**

*A Sialidase from horse Liver was Co-Purified with  $\beta$ -Galactosidase and Carboxypeptidase A* (Sialidase Hati Kuda terdapat sebagai Enzim Kompleks dengan  $\beta$ -Galaktosidase dan Carboxypeptidase A) **Krishna Purnawan Candra**

Keuntungan Proses *Wet Degumming* Dibanding *Dry Degumming* pada Pemurnian Minyak Sawit Kasar (*Advantage of Wet Degumming Compared to Dry Degumming Process in Crude Palm Oil Purification*) **Deny Sumarna**

Produksi *Planlet* dari Embrio Somatik Kacang Tanah (*Planlets Production Derived from Peanut Somatic Embryos*) **Ellok Dwi Sulichantini**

---

# **JTP**

## **JURNAL TEKNOLOGI PERTANIAN**

### **PENERBIT**

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian  
Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian  
Universitas Mulawarman  
Jl. Tanah Grogot Kampus Gunung Kelua  
Samarinda

### **PELINDUNG**

Juremi Gani

### **PENANGGUNG JAWAB**

Alexander Mirza

### **KETUA EDITOR**

Krishna Purnawan Candra (THP-UNMUL Samarinda)

### **EDITOR**

Dahrulsyah (TPG-IPB Bogor)  
Meika Syahbana Roesli (TIN-IPB Bogor)  
Muhammad Nurroufiq (BPTP-Samarinda)  
Neni Suswatini (THP-UNMUL Samarinda)  
Sulistyo Prabowo (THP-UNMUL Samarinda)  
Hudaïda Syahrumsyah (THP-UNMUL Samarinda)

### **EDITOR PELAKSANA**

Hadi Suprpto  
Sukmiyati Agustin, Anton Rahmadi

### **ALAMAT REDAKSI**

Program Studi Teknologi Hasil Pertanian  
Fakultas Pertanian  
Universitas Mulawarman  
Jalan Tanah Grogot Kampus Gunung Kelua  
Samarinda 75123  
Telp 0541-749159  
e-mail: JTP\_unmul@yahoo.com

# JURNAL TEKNOLOGI PERTANIAN

## UNIVERSITAS MULAWARMAN

Volume 3 Nomor 1  
Agustus 2007

Halaman

### Penelitian

- Kajian Ketahanan Surfaktan Metil Sulfonat (MES) sebagai *Oil Well Stimulation Agent* terhadap Aktivitas Bakteri di Lingkungan Minyak Bumi (*Study on the Resistance of Methyl Sulphonate (MES) as an Oil Well Stimulating Agent from the Activity of Bacteria on Petroleum Environment*) **Khaswar Syamsu, Ani Suryani, Erliza Hambali, Tatit K. Bunasor, Arya Andhika**..... 1
- Kombinasi Perendaman dalam Natrium Hidroksida dan Aplikasi Kitin Deasetilase terhadap Kitin Kulit Udang untuk Menghasilkan Kitosan dengan Berat Molekul Rendah (*Combination of Soaking in Sodium Hydroxide and Chitin Deacetylase Application on Shrimp Chitin in Producing Low Molecular Weight Chitosan*) **Aswita Emmawati, Betty Sri Laksmi Jenie, Yusro Nuri Fawzya** ..... 12
- Isolasi Jamur Penghasil Lipase dari Tanah, Tempe, dan Ragi Tempe (*Isolation of Lipase-Producing Molds from Soil, Tempeh, and Tempeh "Ragi"*) **Yuliani, Chusnul Hidayat, Supriyadi**..... 19
- A Sialidase from horse Liver was Co-Purified with  $\beta$ -Galactosidase and Carboxypeptidase A* (Sialidase Hati Kuda terdapat sebagai Enzim Kompleks dengan  $\beta$ -Galaktosidase dan Carboxypeptidase A) **Krishna Purnawan Candra**..... 27
- Keuntungan Proses *Wet Degumming* Dibanding *Dry Degumming* pada Pemurnian Minyak Sawit Kasar (*Advantage of Wet Degumming Compared to Dry Degumming Process in Crude Palm Oil Purification*) **Deny Sumarna** .... 37
- Produksi *Planlet* dari Embrio Somatik Kacang Tanah (*Planlets Production Derived from Peanut Somatic Embryos*) **Ellok Dwi Sulichantini**..... 43

**KAJIAN KETAHANAN SURFAKTAN METIL ESTER SULFONAT (MES)  
SEBAGAI OIL WELL STIMULATION AGENT TERHADAP AKTIVITAS  
BAKTERI DI LINGKUNGAN MINYAK BUMI**

*Study on the Resistance of Methyl Esther Sulphonate (MES) as an Oil Well Stimulating Agent from the Activity of Bacteria on Petroleum Environment*

**Khaswar Syamsu, Ani Suryani, Erliza Hambali, Tatit K. Bunasor, Arya Andhika**

*Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian  
Institut Pertanian Bogor, Bogor*

Received 4 June 2007 accepted 20 July 2007

### ABSTRACT

Surfactant is a surface active agent that can be produced syntetically (by chemical reaction) or biochemically. Nowadays, surfactant application is also available for chemical stimulation process in enhancing the production of petroleum from reservoir, namely Enhanced Oil Recovery (EOR) technology. Surfactant for chemical stimulation process has a main role as an oil well stimulating agent. Its purposes are for decreasing the interfacial tension and transform the wettability of reservoir stone from lipophilic into hydrophilic. One kind of surfactant that is usually used on that process is Methyl Esther Sulphonate (MES) that is based on palm oil. Disadvantages of palm oil-based surfactant is very susceptible to microorganisms activity, aerobically or anaerobically. The objective of this research is to understand MES resistance from activity of bacteria which live on petroleum environment, by measuring changing of Interfacial Tension (IFT) value. The parameters used were number of aerobic bacteria (TPC), number of anaerobic bacteria (MPN), and measurement of IFT value. The comparative analysis results showed that bacteria species and incubation time influence the increasing of IFT value. Furthermore, the interaction between both influence the increasing of IFT value. The highest population of aerobic bacteria was reached on the fifth day of incubation, with the population of  $1,1 \times 10^{11}$  bacteria  $\text{mL}^{-1}$ . On the other side, total population of anaerobic bacteria was decreasing during the incubation time. The highest population of anaerobic bacteria was reached at the beginning of incubation, with the population of  $1,7 \times 10^5$  bacteria  $\text{mL}^{-1}$ . The highest IFT value was reached on the fifth day of incubation. Treatment of aerobic bacteria addition would increase IFT value for  $0,0121 \text{ dyne cm}^{-1}$ , and the treatment of anaerobic bacteria addition would increase IFT value for  $0,0149 \text{ dyne cm}^{-1}$ .

*Keywords : surfactant, EOR, MES, aerobic bacteria, anaerobic bacteria, IFT*

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Surfaktan merupakan senyawa aktif penurun tegangan permukaan (*surface active agent*) yang dapat diproduksi secara sintesis kimiawi atau biokimiawi. Penggunaannya banyak dijumpai pada industri sabun, deterjen, kosmetik, serta industri oleokimia lainnya.

Dewasa ini, aplikasinya juga banyak ditemui pada proses *chemical stimulation* untuk meningkatkan produksi minyak bumi dari reservoir, yang dikenal dengan nama

*Enhanced Oil Recovery* (EOR). Peningkatan produksi tersebut dirasakan perlu, mengingat makin tingginya permintaan akan bahan bakar minyak dari tahun ke tahun, sementara produksi minyak Indonesia terus menurun.

Pengamat perminyakan, Kurtubi, mengatakan bahwa konsumsi BBM di dalam negeri meningkat 1,5 persen dari 1,115 barrel per hari (bph) pada tahun 2003 menjadi 1,131 bph pada tahun 2004. Produksi minyak bumi Indonesia pada tahun 2003 tercatat hanya sebesar 1,013 juta bph, dan pada tahun 2004 turun menjadi 968,4 ribu bph (Anonimous, 2005).

Surfaktan dalam proses *chemical stimulation* memiliki peran utama sebagai *oil well stimulation agent*. Fungsinya adalah menurunkan tegangan permukaan dan mengubah *wetability* batuan reservoir yang mulanya bersifat lipofilik (suka minyak) menjadi hidrofilik (suka air). Penggunaan surfaktan sangat membantu proses pengambilan minyak dari sumur tua di Indonesia, yang sebenarnya masih mengandung cadangan minyak dalam jumlah besar.

Salah satu jenis surfaktan yang dapat digunakan dalam proses tersebut adalah Metil Ester Sulfonat (MES) yang berbahan dasar minyak nabati. Menurut Watkins (2001), minyak kelapa sawit merupakan salah satu jenis minyak yang sangat baik untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan MES. Kelapa sawit merupakan komoditi potensial yang memiliki banyak manfaat.

Potensi Indonesia sebagai produsen surfaktan yang disintesis dari minyak sawit sangat besar, mengingat Indonesia merupakan negara penghasil minyak sawit kedua terbesar di dunia setelah Malaysia. Bahkan diperkirakan pada tahun 2005 produksi CPO Indonesia dapat mencapai 12 juta ton per tahun, melebihi produksi CPO Malaysia yang hanya sebesar 11 juta ton per tahun (Anonimous, 2004).

Kelemahan dari surfaktan yang berbasis minyak sawit adalah sangat rentan terhadap serangan mikroorganisme baik yang bersifat aerob maupun anaerob. Aktivitas mikroorganisme tersebut dapat memecah ikatan ester pada MES melalui reaksi lipolitik (pemecahan trigliserida menjadi asam lemak dan gliserol) dengan bantuan enzim lipase. Akibatnya, kemampuan surfaktan MES dalam mengurangi tegangan permukaan antara minyak bumi dan batuan akan berkurang. Kontaminasi mikroorganisme dapat terjadi ketika MES digunakan dalam proses *chemical stimulation*, karena minyak bumi juga mengandung bakteri yang mampu menguraikan MES.

Uraian di atas mendasari perlunya penelitian untuk mengamati ketahanan MES terhadap aktivitas bakteri selama proses *chemical stimulation* dan penyimpanan.

Keberhasilan penelitian ini pada kegiatan laboratorium selanjutnya akan segera dapat diaplikasikan di lapangan minyak oleh puluhan perusahaan minyak yang berada di Indonesia.

### Tujuan

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk memproduksi surfaktan anionik Metil Ester Sulfonat (MES), yang akan digunakan sebagai *oil well stimulation agent*. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk menguji ketahanan surfaktan MES yang dihasilkan terhadap aktivitas bakteri selama proses *chemical stimulation*.

### METODOLOGI PENELITIAN

#### Bahan

Bahan baku utama yang digunakan adalah MES, serta air kolam (*water pond*) yang diambil dari daerah sumur minyak Kurau. Bahan kimia yang diperlukan untuk proses produksi surfaktan MES adalah Metil Ester dari *Palm Kernel Oil* (PKO),  $\text{NaHSO}_3$ , metanol, dan  $\text{NaOH}$  20 %. Media yang dipergunakan untuk menumbuhkan kultur bakteri adalah *Nutrient Broth* dan minyak bumi (*crude oil*), sedangkan untuk analisa mikroorganisme digunakan media *Nutrient Agar* (NA), *Nutrient Broth* (NB) dan Sulfat API. Adapun bahan-bahan kimia untuk analisa yaitu akuades,  $\text{HCl}$  0,005 N, timol biru 1 %, pirogalol 30 %, dan  $\text{NaOH}$  30 %.

#### Alat

Peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan MES adalah reaktor sulfonasi skala laboratorium, batang pengaduk, termometer, *hotplate*, motor pengaduk, kondensor, timbangan analitik, oven pengering, gelas ukur, tabung sentrifuse, sentrifuse, pH meter, dan pipet tetes. Sedangkan untuk keperluan analisa, peralatan yang dibutuhkan antara lain autoklaf, tabung reaksi, cawan petri, *durgasky stick*, bunsen, selongsong pipet, pipet serologis 1 mL, kapas, sumbat karet, *vortex mixer*, oven sterilisasi, piknometer, refraktometer, pipet mikrometer, *Quebec Colony Counter*, *spinning drop interfacial tensiometer*, gelas ukur, labu erlenmeyer, serta *hotplate stirrer*.

## METODE PENELITIAN

### Pembuatan Metil Ester Sulfonat

Pembuatan metil ester sulfonat dilakukan melalui proses sulfonasi metil ester dengan reaktan  $\text{NaHSO}_3$ . Kondisi proses yang digunakan untuk memproduksi MES merujuk pada Pore (1993) dan berdasarkan perlakuan terbaik dari Hidayati et al (2006). Rasio antara mol metil ester dengan reaktan  $\text{NaHSO}_3$  sebesar 1 : 1,5, suhu reaksi  $100\text{ }^\circ\text{C}$  dan lama reaksi 4,5 jam.

Setelah sulfonasi selesai, MES yang terbentuk dipindahkan ke dalam wadah lain. Proses dilanjutkan dengan pemisahan sisa  $\text{NaHSO}_3$  yang terdapat dalam MES. MES yang dihasilkan disentrifugasi dengan kecepatan 1500 rpm selama 30 menit, untuk memisahkan sisa  $\text{NaHSO}_3$  yang tidak bereaksi dengan MES. Proses kemudian dilanjutkan dengan pemurnian MES.

Proses pemurnian dilakukan dengan jalan mereaksikan MES dengan metanol. Banyaknya metanol yang ditambahkan adalah sebesar 30 % (v/v) dari volume total larutan MES dan metanol. Larutan tersebut kemudian diaduk pada suhu  $50\text{ }^\circ\text{C}$  selama 1,5 jam. Setelah reaksi selesai, suhu larutan dinaikkan hingga mencapai  $70\text{-}80\text{ }^\circ\text{C}$  selama 10 menit, untuk menguapkan metanol dari dalam larutan. Setelah seluruh metanol telah menguap, MES didinginkan hingga mencapai suhu ruang, kemudian dilanjutkan dengan proses netralisasi.

MES yang telah didinginkan kemudian diukur pH-nya dengan menggunakan pH meter. Setelah itu kedalamnya ditambahkan  $\text{NaOH}$  20 % sedikit demi sedikit, hingga pH MES mencapai 7,00 (netral). MES yang telah dinetralkan kemudian dipanaskan hingga mencapai suhu  $55\text{ }^\circ\text{C}$  sambil diaduk dengan menggunakan *stirrer* selama 30 menit. Setelah proses pengadukan dan pemanasan selesai, MES kemudian dipindahkan ke dalam wadah yang terbuat dari kaca dan ditutup dengan baik.

Tahap selanjutnya adalah pengujian timol biru terhadap MES yang dihasilkan untuk mengetahui ada tidaknya surfaktan anionik didalamnya.

### Penelitian Utama

Pada penelitian ini dicoba pengaruh penambahan kultur bakteri minyak bumi

terhadap ketahanan surfaktan Metil Ester Sulfonat (MES) selama proses stimulasi. Pengaruh penambahan bakteri dilakukan dengan menggunakan kultur bakteri campuran (aerob dan anaerob) yang terdapat dalam Kurau *water pond*. Sebelum digunakan, kultur bakteri diaktivasi terlebih dulu. Ketahanan MES diukur melalui kemampuannya dalam menurunkan tegangan antarmuka (IFT). MES yang diberikan kultur bakteri diukur kemampuannya dalam menurunkan nilai IFT, kemudian dibandingkan dengan MES yang tidak diberikan kultur bakteri (kontrol).

### Aktivasi Kultur Aerob

Sebanyak 1 mL kultur bakteri dibiakkan dalam 100 mL media *Nutrient Broth* steril yang telah ditambahkan 0,5 % (v/v) *crude oil* steril pada labu erlenmeyer 250 mL. Labu kemudian digoyangkan dalam *shaker* pada suhu  $30\text{ }^\circ\text{C}$  selama 48 jam. Kultur bakteri yang telah dibiakkan ini selanjutnya akan digunakan dalam uji ketahanan surfaktan MES terhadap bakteri aerob.

### Aktivasi Kultur Anaerob

Mula-mula disiapkan 10 mL *Nutrient Broth* steril dalam tabung reaksi. Kedalamnya ditambahkan 0,5 % (v/v) *crude oil* steril, kemudian tabung reaksi dikocok dengan menggunakan *vortex mixer*. Setelah itu, sebanyak 1 mL kultur bakteri ditambahkan kedalamnya. Tabung reaksi kemudian kondisikan anaerob dengan menggunakan metode tabung Wright. Selanjutnya tabung diinkubasikan pada suhu  $37\text{ }^\circ\text{C}$  selama 48 jam.

### Inokulasi Bakteri

Surfaktan MES sebanyak 5 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Masing-masing tabung diberi label untuk tiap perlakuan penambahan bakteri dan ulangnya. Surfaktan tersebut kemudian disterilisasi pada suhu  $121\text{ }^\circ\text{C}$  selama 15 menit. Setelah itu, MES didinginkan sehingga mencapai suhu  $30\text{ }^\circ\text{C}$ .

Tahapan berikutnya adalah penambahan kultur bakteri ke dalam surfaktan MES yang dihasilkan dari penelitian pendahuluan. Sebanyak 0,5 mL suspensi bakteri dimasukkan ke dalam surfaktan MES, kemudian diinkubasi pada suhu  $37\text{ }^\circ\text{C}$  selama 0, 1, 3,

dan 5 hari, dengan ulangan sebanyak 2 kali. Waktu inkubasi tersebut menggambarkan lamanya surfaktan berada dalam sumur minyak selama proses *stimulation chemical*.

Setelah diinkubasi, dilakukan pengujian surfaktan MES pada hari ke-0, ke-1, ke-3, dan ke-5. Pengujian yang dilakukan antara lain pengamatan jumlah bakteri aerob (TPC), jumlah bakteri anaerob (MPN), serta tegangan antarmuka metode *Spinning Drop*.

**Rancangan Percobaan**

Untuk mengetahui pengaruh kultur bakteri terhadap ketahanan surfaktan MES digunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor yakni kultur bakteri dan lama inkubasi. Faktor kultur bakteri terdiri atas tiga taraf, sedangkan faktor inkubasi sebanyak empat taraf. Masing-masing dilakukan ulangan sebanyak dua kali.

Perlakuan yang diterapkan adalah sebagai berikut:

1. Faktor kultur bakteri (B)
  - b<sub>1</sub> = dengan kultur bakteri aerob
  - b<sub>2</sub> = dengan kultur bakteri anaerob
  - b<sub>3</sub> = tanpa kultur bakteri (kontrol)
2. Lama inkubasi (S)
  - s<sub>1</sub> = inkubasi selama 0 hari
  - s<sub>2</sub> = inkubasi selama 1 hari
  - s<sub>3</sub> = inkubasi selama 3 hari
  - s<sub>4</sub> = inkubasi selama 5 hari

Dari hasil analisa keragaman yang berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji wilayah Berganda Duncan untuk mengetahui lebih lanjut adanya perbedaan dalam perlakuan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

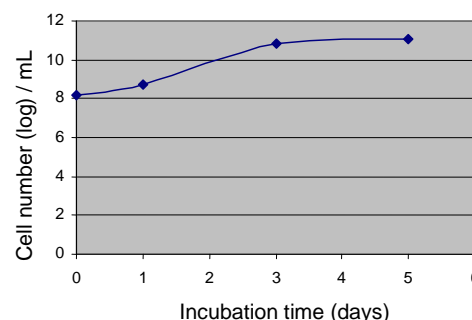
**Pengujian Surfaktan Anionik**

Metil Ester Sulfonat (MES) tergolong ke dalam surfaktan anionik. Surfaktan anionik adalah senyawa yang bermuatan negatif dalam bagian aktif permukaan (*surface-active*) atau pusat hidrofobiknya. (Sadi, 1993). Pengujian awal terhadap produk surfaktan anionik dapat dilakukan dengan menggunakan uji fisik berupa metode pengujian timol biru (Rosen *et al.*, 1981). Pada uji ini digunakan HCl dan timol biru sebagai indikator. Hasil yang positif ditandai dengan munculnya warna ungu kemerahan pada sampel, yang menandakan bahwa surfaktan yang diuji merupakan surfaktan

anionik. Metil ester sulfonat (MES) yang dihasilkan dalam penelitian ini menunjukkan hasil yang positif terhadap uji timol biru. Hal tersebut menunjukkan bahwa MES yang dihasilkan merupakan surfaktan anionik.

**Pertumbuhan Bakteri Aerob**

Selama lima hari masa inkubasi, kandungan total bakteri aerob (*total plate count*) di dalam MES mengalami berbagai perubahan. Pola pertumbuhan bakteri aerob dalam MES dapat dilihat pada Gambar 1.



**Figure 1. The growth of aerobic bacteria during incubation time**

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa jumlah bakteri aerob meningkat seiring dengan bertambahnya waktu inkubasi. Pada hari ke-0, jumlah total bakteri aerob tercatat sebesar  $1,4 \times 10^8$  bakteri  $mL^{-1}$ , angka ini kemudian meningkat pada hari ke-1, ke-3, dan ke-5 masing-masing sebesar  $5,7 \times 10^8$  bakteri  $mL^{-1}$ ,  $6,4 \times 10^{10}$ , dan  $1,1 \times 10^{11}$ .

Fase pertumbuhan bakteri aerob pada hari ke-0 sampai dengan hari ke-1, bakteri memasuki fase adaptasi dalam lingkungannya yang baru. Fase ini ditandai dengan pertumbuhan bakteri yang masih berjalan lambat. Pada hari ke-1 sampai dengan ke-3 merupakan fase eksponensial yang disusul dengan fase pertumbuhan lambat menjelang hari ke-3. Perlambatan ini bisa disebabkan karena kurangnya zat nutrisi dalam medium, maupun karena adanya hasil-hasil metabolisme yang mungkin beracun atau dapat mengganggu pertumbuhan bakteri aerob (Fardiaz, 1992).

Sedangkan pada hari ke-3 sampai dengan hari ke-5 bakteri aerob memasuki fase pertumbuhan statis. Hal tersebut ditandai dengan pertumbuhan populasi bakteri aerob

yang cenderung tetap pada hari ke-3 sampai dengan hari ke-5. Bakteri pada fase ini akan menghabiskan nutrisi yang tersedia dan menghasilkan berbagai produk yang dapat menjadi faktor penghambat baik bagi koloni lain maupun koloninya sendiri.

Bakteri aerob yang diamati dalam penelitian ini dapat menggunakan gugus hidrokarbon yang terdapat dalam MES sebagai sumber nutrisinya. Komposisi asam lemak dari *Palm Kernel Oil* berkisar dari  $C_8$ - $C_{18}$  dengan kandungan terbesar berupa asam laurat ( $C_{14}$ ), yakni sekitar 50 % (Matheson, 1996). Schlegel (1994), menjelaskan bahwa senyawa hidrogen berantai panjang dapat diolah oleh sebagian besar bakteri. Jumlah jenis bakteri yang mampu mengolahnya serta agresivitasnya meningkat semakin panjangnya rantai hidrokarbon. Bakteri yang berperan dalam penguraian hidrokarbon antara lain mikobakteri, nokardia dan korinebakteri.

Schlegel (1994) lebih lanjut menerangkan bahwa banyak jenis *Pseudomonas* yang mampu mengoksidasi hidrokarbon sedemikian sempurna, sehingga tidak tersisa produk intermediar. Sedangkan Hamdiyah (2000), di sisi lain menjelaskan bahwa genera yang paling dominan ditemui di dalam minyak bumi adalah *Pseudomonas* sp. Hal tersebut menjelaskan pertumbuhan bakteri aerob yang cenderung naik dalam penelitian ini. Bakteri aerob yang hidup di lingkungan minyak bumi mampu mengoksidasi hidrokarbon menjadi senyawaan yang lebih sederhana, sehingga mampu digunakan dalam pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya.

Mekanisme oksidasi hidrokarbon oleh bakteri aerob berlangsung secara bertahap. Pertama, bakteri menyerang ikatan pada rantai hidrokarbon dengan bantuan oksigen sebagai molekul oksidasi. Serangan oksidasi ini dikatalisis oleh *monooksigenase* (*alkana oksigenase*) yang disekresikan oleh bakteri aerob (Schlegel, 1994).

Alkohol rantai panjang yang dihasilkan kemudian dipecah melalui jalur oksidase- $\beta$ . Dalam proses ini fragmen dua karbon secara berturut-turut dikeluarkan dari alkohol dalam bentuk asetil KoA. Selanjutnya asetil KoA akan masuk ke dalam siklus Krebs untuk menghasilkan  $CO_2$  dan  $H_2O$  dan membentuk ATP. (Montgomery et al., 1993).

Mekanisme ini juga berlaku untuk asam lemak bebas yang terdapat dalam MES.

### Pertumbuhan Bakteri Anaerob

Kandungan total bakteri anaerob selama lima hari masa inkubasi mengalami berbagai perubahan dalam pertumbuhannya. Pola pertumbuhan bakteri anaerob dalam MES dapat dilihat pada Gambar 2.

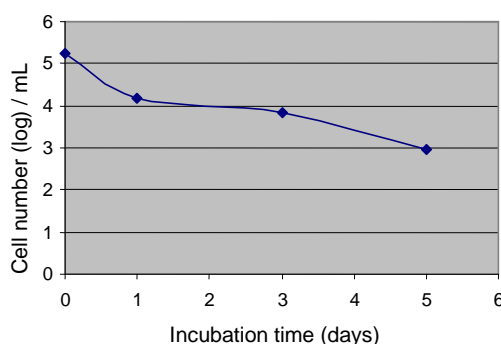


Figure 2. Growth of anaerobic bacteria during incubation time

Berdasarkan pola pertumbuhan yang tersaji pada Gambar 2 dapat diketahui bahwa jumlah populasi bakteri anaerob terus mengalami penurunan selama lima hari masa inkubasi. Pada hari ke-0 jumlah bakteri anaerob sebesar  $1,7 \times 10^5$  bakteri  $mL^{-1}$ , jumlah ini kemudian berkurang pada hari ke-1 menjadi sebesar  $1,5 \times 10^4$  bakteri  $mL^{-1}$ . Jumlah ini terus menurun pada hari ke-3 dan ke-5 hingga masing-masing menjadi sebesar  $7,0 \times 10^3$  bakteri  $mL^{-1}$  dan  $9,3 \times 10^2$  bakteri  $mL^{-1}$ .

Selama hari ke-0 sampai dengan ke-1 bakteri anaerob memasuki fase adaptasi dari lingkungannya yang baru. Pada fase ini jumlah populasi bakteri anaerob mengalami penurunan karena nutrisi yang tersedia dan kondisi lingkungan yang baru berbeda dengan kondisi awal lingkungan bakteri anaerob, sehingga banyak jenis bakteri anaerob yang tidak mampu bertahan dan akhirnya mati.

Bakteri anaerob selama masa inkubasi pada hari ke-1 sampai dengan hari ke-3 memasuki fase pertumbuhan stasioner. Pertumbuhan bakteri berjalan relatif konstan, karena sebagian besar bakteri mulai dapat menyesuaikan diri dengan lingkungannya kondisi lingkungannya. Hal ini juga diperkuat dengan penjelasan Fardiaz (1992), yang menyatakan bahwa pada fase pertumbuhan



stasioner sel-sel menjadi lebih tahan terhadap keadaan ekstrem seperti panas, dingin, radiasi, dan bahan kimia.

Sedangkan selang waktu inkubasi pada hari ke-3 sampai dengan ke-5 bakteri anaerob memasuki fase menjelang kematian dan kematian. Pada fase ini jumlah nutrisi yang dapat digunakan oleh sebagian besar bakteri anaerob makin menipis, sehingga sebagian besar populasi bakteri anaerob mengalami kematian.

Dibandingkan dengan pertumbuhan bakteri aerob, pertumbuhan bakteri anaerob cenderung memiliki pola yang menurun. Hal ini disebabkan karena MES sebagian besar mengandung senyawa hidrokarbon yang sulit didegradasi tanpa bantuan oksigen. Schlegel (1994) menerangkan bahwa senyawa-senyawa hidrokarbon alifatik di bawah kondisi aerob dapat diuraikan dan akhirnya diendoksidasi, namun tetap stabil pada kondisi anaerob, karena senyawa hidrokarbon hanya dapat dioksidasi bila ada molekul oksigen, dimana serangan pertama dikatalisis oleh *oksigenase*.

Senyawaan yang umumnya digunakan oleh bakteri anaerob adalah senyawaan anorganik. Senyawaan anorganik dalam MES dapat berasal dari gugus sulfat yang terikat pada MES, maupun gugus bisulfat yang terikat pada  $\text{NaHSO}_3$ . Gugus-gugus tersebut dapat digunakan oleh bakteri pereduksi sulfat sebagai penerima elektron.

Kendatipun cukup banyak gugus sulfat dan metabisulfat yang terdapat dalam MES, namun senyawa yang dapat digunakan sebagai pemberi elektron dalam reduksi sulfat sangat terbatas. Senyawa yang mungkin berperan sebagai pemberi elektron dalam MES adalah  $\text{H}_2$  yang jumlahnya relatif kecil. Keterangan yang diberikan Schlegel (1994) menjelaskan bahwa bakteri pereduksi sulfat (BPS) juga mampu menggunakan beberapa substrat organik, termasuk senyawa asam-asam lemak berantai panjang yang terdapat dalam MES. Asam-asam lemak rantai panjang tersebut dapat digunakan oleh BPS sebagai donor elektron.

Beberapa penelitian telah memberikan identifikasi dan karakterisasi beragam enzim dari bakteri yang secara spesifik mendeградasi gugus alkilsulfat primer dan alkiletoksisulfat, ikatan R- maupun S-, maupun

isomer simetris dari gugus alkilsulfat sekunder (White, 2003). Kemampuan inilah yang dimiliki oleh BPS untuk merombak gugus alkilsulfat dalam MES sehingga dapat digunakannya sebagai akseptor elektron.

BPS dalam lingkungan asalnya dapat bersaing dengan bakteri anaerob lain seperti bakteri metanogenik dan beberapa bakteri pendenitrifikasi. Bakteri jenis tersebut sama-sama menggunakan  $\text{H}_2$  sebagai pemberi elektron.

Bakteri metanogenik membutuhkan  $\text{CO}_2$  sebagai penerima elektron. Sedangkan jumlah  $\text{CO}_2$  dalam MES relatif kecil, sehingga pertumbuhan bakteri jenis ini dalam MES tidak berlangsung lama. Bakteri pendenitrifikasi di sisi lain membutuhkan senyawa nitrogen anorganik sebagai sumber nutrisinya. Padahal, MES tidak mengandung senyawa nitrogen anorganik. Pertumbuhan bakteri pendenitrifikasi kemungkinan hanya ditunjang oleh senyawa nitrogen anorganik yang terbentuk selama masa aktivasi kultur bakteri anaerob.

Adanya persaingan antarbakteri tersebut dapat menjelaskan fenomena pertumbuhan bakteri anaerob dalam MES. Stabilitasnya pertumbuhan selama hari ke-1 sampai dengan hari ke-3 diakibatkan bakteri anaerob melakukan aktivitas penguraian secara maksimal untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Sedangkan fenomena menurunnya populasi bakteri anaerob selama masa inkubasi pada hari ke-3 sampai dengan hari ke-5 diakibatkan makin ketatnya kompetisi antarbakteri dalam memperebutkan donor elektron, serta minimnya nutrisi yang dapat diuraikan lebih lanjut oleh bakteri anaerob.

### **Pengukuran Tegangan Antarmuka Air-Minyak Bumi**

Efektifitas surfaktan ditunjukkan oleh kemampuannya dalam menurunkan tegangan permukaan serta tegangan antarmuka dari dua fasa yang berbeda derajat polaritasnya. Tegangan antarmuka antara dua cairan yang berbeda polaritasnya menunjukkan seberapa besar kekuatan tarik antarmolekul yang berbeda dari dua fasa cairan tersebut. Tegangan antarmuka menjadi penting diperhatikan daripada tegangan permukaan, ketika pembahasannya menyangkut sistem emulsi (Petrowski, 1976).

Metil Ester Sulfonat (MES) dalam penelitian ini memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan antarmuka antara air sebagai fasa polar dan minyak bumi sebagai fasa nonpolar. Bakteri yang umum hidup di lingkungan minyak memiliki kemampuan

untuk menggunakan MES sebagai sumber nutrisinya, sehingga mempengaruhi kemampuan MES dalam menurunkan tegangan antarmuka. Grafik perubahan nilai tegangan antarmuka (IFT) akibat aktivitas bakteri dapat diamati pada Gambar 3.

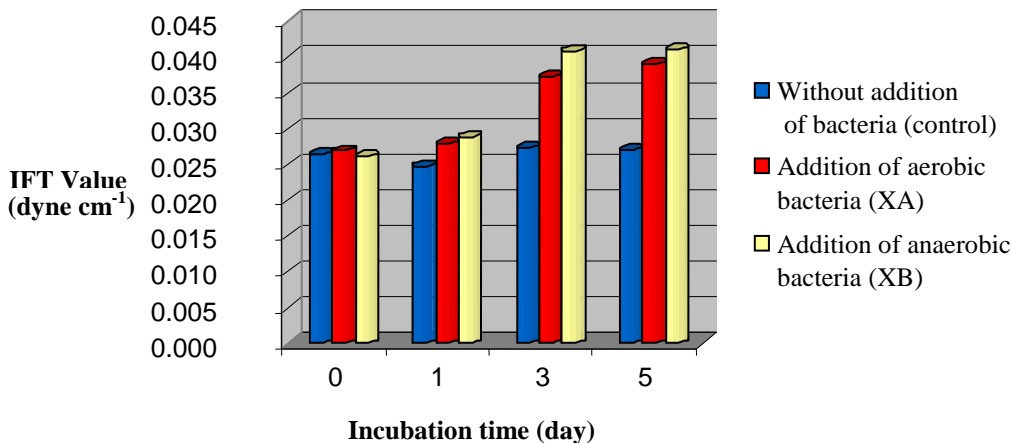


Figure 3. IFT Values due to activity of bacteria

Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa perlakuan penambahan kultur bakteri aerob (XA) serta bakteri anaerob (XB) ke dalam MES ternyata mampu menaikkan nilai IFT antara air-minyak bumi, sedangkan nilai IFT yang dimiliki oleh MES tanpa kultur bakteri (kontrol) cenderung stabil.

Berdasarkan analisa sidik ragam terlihat bahwa faktor penambahan bakteri dan lama inkubasi berpengaruh sangat nyata terhadap perubahan nilai IFT. Pada tingkat kepercayaan 99 persen, penambahan bakteri memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kenaikan nilai IFT. Hal yang sama juga berlaku untuk lama inkubasi, pada tingkat kepercayaan 99 persen faktor ini memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kenaikan IFT. Adanya penambahan kultur bakteri serta makin lamanya waktu inkubasi berpengaruh positif terhadap kenaikan nilai IFT dari MES.

Hasil uji lanjut Duncan untuk perlakuan penambahan bakteri menunjukkan bahwa penambahan bakteri aerob (XA) dan bakteri anaerob (XB) memberikan pengaruh yang nyata dibandingkan dengan perlakuan

tanpa penambahan kultur bakteri (kontrol), tetapi antara perlakuan XA dan XB tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kenaikan IFT. Sedangkan untuk uji lanjut Duncan dari faktor lama inkubasi menunjukkan bahwa lama inkubasi 0 hari dan 1 hari tidak menunjukkan perbedaan nyata namun berbeda nyata dengan lama inkubasi 3 hari dan 5 hari. Sementara untuk lama inkubasi antara hari ke-3 dengan hari ke-5 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Pada hari ke-0 belum terlihat kenaikan yang berarti dari nilai IFT pada perlakuan XA, dimana nilai IFT untuk XA tercatat sebesar 0,0269 dyne cm<sup>-1</sup>. Nilai IFT yang dimiliki oleh perlakuan XA pada hari ke-1 menjadi sebesar 0,0279 dyne cm<sup>-1</sup>, atau telah terjadi kenaikan sebesar 0,001 dyne cm<sup>-1</sup>. Nilai IFT perlakuan XA pada hari ke-3 kembali mengalami kenaikan nilai IFT sebesar 0,0103 dyne cm<sup>-1</sup> sehingga menjadi sebesar 0,0372 dyne cm<sup>-1</sup>. Sedangkan untuk hari ke-5, nilai IFT perlakuan XA menjadi sebesar 0,0390 dyne cm<sup>-1</sup>, atau dengan kata lain telah mengalami peningkatan sebesar

0,0121 dyne cm<sup>-1</sup> dari nilai IFT pada hari ke-0.

Fenomena yang serupa juga terjadi pada perlakuan XB. Nilai IFT untuk perlakuan XB hari ke-0 tercatat sebesar 0,0260 dyne cm<sup>-1</sup>. Kenaikan IFT baru terjadi pada hari ke-1, dimana nilai IFT perlakuan XB tercatat sebesar 0,0289 dyne cm<sup>-1</sup>, atau meningkat sebesar 0,0028 dyne cm<sup>-1</sup>. Pada inkubasi hari ke-3 peningkatan nilai IFT

makin terlihat nyata, dimana nilai IFT perlakuan XB pada hari ini menjadi sebesar 0,0408 dyne cm<sup>-1</sup>, atau mengalami peningkatan sebesar 0,0147 dyne cm<sup>-1</sup> dari perlakuan hari ke-0. Sedangkan untuk inkubasi hari ke-5, nilai IFT yang didapat pada perlakuan XB ternyata tidak berbeda signifikan dengan inkubasi pada hari ke-3, yakni sebesar 0,0410 dyne cm<sup>-1</sup>. Persentase perubahan nilai IFT dapat dilihat pada Tabel 1.

**Table 1. Increasing of IFT values due to the addition of aerobic and anaerobic bacteria**

Incubation time (day)	IFT Value (dyne/cm)			
	Treatment XA (aerobic)	Increasing Percentage (%)	Treatment XB (anaerobic)	Increasing Percentage (%)
0	0.0269	-	0.0260	-
1	0.0279	3.76	0.0289	10.78
3	0.0372	38.22	0.0408	56.44
5	0.0390	44.99	0.0410	57.12

Nilai IFT pada hari ke-0 belum menunjukkan perubahan yang berarti karena pada saat itu bakteri aerob belum melakukan aktivitas perombakan MES agar dapat digunakannya sebagai sumber nutrisi. Pada hari ke-1 nilai IFT mulai mengalami peningkatan karena bakteri telah melewati masa adaptasi dan mulai menyesuaikan diri dengan jalan mensekresikan enzim yang sesuai untuk merombak MES agar dapat digunakannya sebagai sumber nutrisi. Fenomena perubahan nilai IFT pada masa inkubasi hari ke-0 dan ke-1 antara bakteri aerob dan anaerob memiliki kecenderungan yang sama.

Pada hari ke-3 peningkatan IFT makin terlihat, karena bakteri memaksimalkan kemampuannya dalam mensekresikan enzim untuk menguraikan senyawa (MES) yang tersedia disekitarnya, sehingga dapat digunakannya sebagai sumber nutrisi untuk menunjang pertumbuhannya. MES merupakan surfaktan yang memiliki dua gugus fungsi, yakni hidrofilik dan hidrofobik.

Gugus hidrofilik dari surfaktan anionik berupa gugus karboksilat, sulfat, sulfonat, dan fosfat. Sedangkan gugus hidrofobiknya umumnya berupa rantai hidrokarbon alifatik, aromatik atau gabungan dari keduanya (Chemistry, 2003).

**Pengaruh Aktivitas Bakteri Aerob Terhadap Kenaikan Nilai IFT**

Bakteri aerob dapat menyerang MES melalui dua gugus yang dimilikinya. Pertama, melalui gugus hidrofobik yang berupa hidrokarbon dengan panjang rantai karbon berkisar dari C<sub>4</sub>-C<sub>18</sub>. Bakteri aerob akan menyerang bagian terluar dari gugus hidrokarbon dan kemudian memecahnya menjadi asetil-KoA dan R-CO~SkoA (Schlegel, 1994). Asetil-KoA yang terbentuk kemudian akan masuk ke dalam siklus Krebs untuk diubah menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O serta menghasilkan energi sebesar 12 ATP (Montgomery *et. al.*, 1993).

Selain menyerang gugus hidrofobik, bakteri aerob diduga juga dapat menyerang gugus hidrofilik dari MES. Mekanisme penyerangan didahului dengan pemutusan ikatan ester antara metil dengan gugus karboksilat pada gugus hidrofobik MES. Pemutusan ini dilakukan oleh air dengan bantuan enzim lipase yang disekresikan oleh bakteri aerob (Brock dan Madigan, 1991).

Metil yang terputus akan berikatan dengan ion OH<sup>-</sup> dari air, sehingga berubah menjadi metanol, sedangkan gugus karboksilat akan berikatan dengan ion H<sup>+</sup>. Metanol yang terbentuk kemudian dioksidasi lebih

lanjut menjadi formaldehid, dan formiat menjadi CO<sub>2</sub> (Schlegel, 1994).

Adanya penyerangan terhadap kedua gugus penting MES akan membuat kemampuannya dalam menurunkan tegangan permukaan akan berkurang. Babu *et. al.* (1994), menerangkan bahwa surfaktan merupakan komponen aktif yang dapat menurunkan tegangan permukaan. Kemampuan molekul surfaktan dalam menurunkan tegangan permukaan dan antarmuka disebabkan oleh sifat amfifilik dari surfaktan, yaitu adanya gugus hidrofilik dan hidrofobik pada molekul yang sama. Molekul-molekul aktif permukaan akan terakumulasi pada antarmuka dan menghubungkan dua fasa yang berbeda polaritasnya seperti antara air-minyak, udara-air, air-padatan, sehingga akan mempengaruhi pembentukan ikatan hidrogen dan interaksi struktur hidrofilik dan hidrofobik.

Hilangnya sebagian senyawa komponen utama penyusun rantai hidrokarbon pada gugus hidrofobik MES akan menurunkan kemampuan MES dalam menurunkan tegangan antarmuka. Hal ini didukung oleh pernyataan Swern (1979), yang menjelaskan bahwa apabila rantai hidrofobiknya terlalu pendek, komponen surfaktan tidak akan terlalu bersifat aktif permukaan (*surface active*), karena ketidakcukupan akan gugus hidrofobik sehingga kelarutannya akan terbatas di dalam minyak. Umumnya, panjang rantai terbaik untuk surfaktan adalah asam lemak dengan 10-18 atom karbon.

Penyerangan bakteri aerob pada gugus hidrofilik juga memberikan dampak terhadap naiknya nilai IFT MES. Digantinya gugus metil dengan gugus -H akan membuat polaritas dari gugus hidrofilik meningkat, sehingga ia akan cenderung lebih tertarik ke arah air (senyawa polar). Adanya ketertarikan senyawa yang polaritasnya sama tersebut membuat gaya kohesi akan makin membesar dan mengecilkan gaya adhesi (Suryani *et. al.*, 2002), sehingga tegangan antarmuka minyak-air pun akan meningkat.

#### **Pengaruh Aktivitas Bakteri Anaerob Terhadap Kenaikan Nilai IFT**

Bakteri anaerob memiliki kemampuan untuk merombak gugus hidrofilik yang dimiliki oleh MES. Proses perombakan ini dapat terjadi melalui dua buah mekanisme

serangan oleh dua jenis bakteri anaerob yang berbeda, yakni BPS dan bakteri metanogenik.

Mekanisme serangan gugus hidrofilik oleh BPS didahului dengan penyerangan ikatan alkilsulfat oleh hidrogen dengan bantuan enzim sulfatase yang disekresikan bakteri anaerob (White, 2003). Putusnya ikatan alkilsulfat akan mengakibatkan terpecahnya sulfit (SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) dari gugus karboksilat. BPS kemudian akan menggunakan SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> sebagai penerima elektron dan mereduksinya menjadi S<sup>2-</sup> dengan bantuan H<sub>2</sub> sebagai pemberi elektron dan enzim sulfit reduktase sebagai pengkatalisis (Schlegel, 1994).

Sedangkan untuk bakteri metanogenik, bakteri jenis ini menyerang MES secara tidak langsung dengan memanfaatkan bantuan dari bakteri penghasil lipase. Metanol yang dihasilkan oleh bakteri penghasil lipase dari hidrolisis ikatan ester pada gugus hidrofilik akan digunakan oleh bakteri metanogenik untuk diubah menjadi metana (CH<sub>4</sub>) dan H<sub>2</sub>O dengan menggunakan H<sub>2</sub> sebagai donor elektron. Selain menggunakan metanol, bakteri metanogenik juga dapat menggunakan CO<sub>2</sub> sebagai akseptor elektron (Schlegel, 1994).

Adanya serangan bakteri anaerob pada gugus hidrofilik akan meningkatkan nilai IFT minyak-air. Menurut Matheson (1996), kelompok surfaktan terbesar (dalam jumlah) adalah surfaktan anionik. Karakteristiknya yang hidrofilik disebabkan karena adanya gugus ionik yang cukup besar, yang biasanya berupa grup sulfat (SO<sub>3</sub>, NaHSO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub> SO<sub>3</sub>) atau sulfonat (H<sub>2</sub> SO<sub>4</sub>, oleum, SO<sub>2</sub> bebas, SO<sub>3</sub> dan *chlorosulphonic acid*).

Serangan BPS ke gugus alkilsulfat akan menyebabkan putusnya sulfit dari gugus hidrofilik, dengan begitu karakteristik MES yang hidrofilik akan berkurang atau bahkan hilang, karena hilangnya gugus ionik dari gugus hidrofiliknya. Penggantian gugus metil oleh -H juga menyebabkan meningkatkan polaritas surfaktan yang akan membesar gaya kohesi antarmolekul yang sejenis. Turunnya kemampuan hidrofilik serta peningkatan gaya kohesi akan meningkatkan tegangan antarmuka minyak-air (Suryani *et. al.*, 2002).

Kendatipun melalui uji lanjut Duncan besarnya peningkatan nilai IFT antara perlakuan penambahan bakteri aerob (XA) dan bakteri anaerob (XB) tidak berbeda nyata, namun nilai IFT yang disebabkan perlakuan XB lebih besar dibanding perlakuan XA. Hal ini disebabkan karena bakteri anaerob cenderung menyerang gugus reaktif (ionik) dari MES, sehingga penurunan IFT-nya akan lebih besar. Sedangkan bakteri aerob kendatipun menyerang gugus yang cukup reaktif, serangan yang dilakukannya hanya memutus sebagian dari gugus tersebut, dan menyisakan sebagian gugus yang masih cukup efektif dalam menurunkan tegangan antarmuka.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Ketahanan MES sebagai *oil well stimulating agent* sangat dipengaruhi oleh faktor jenis bakteri dan lamanya waktu inkubasi. Penambahan kultur bakteri serta makin lamanya waktu inkubasi akan meningkatkan nilai tegangan antarmuka minyak-air. Peningkatan nilai IFT terbesar dicapai pada saat inkubasi hari ke-5, dimana untuk perlakuan penambahan bakteri aerob peningkatan yang terjadi adalah sebesar  $0,012 \text{ dyne cm}^{-1}$ , sedangkan untuk perlakuan penambahan bakteri anaerob peningkatan nilai IFT yang terjadi adalah sebesar  $0,014 \text{ dyne cm}^{-1}$ .

Perlu dilakukan pengujian ketahanan *finished product surfactant* terhadap aktivitas bakteri di lingkungan minyak bumi.

Perlu dilakukannya pengujian lebih lanjut terhadap pengaruh penambahan bermacam jenis bakterisida dengan berbagai tingkat konsentrasi ke dalam MES untuk dapat meningkatkan ketahanan MES, baik dalam penyimpanan maupun dalam aplikasi di lapangan.

### DAFTAR PUSTAKA

Teknologi Anonim (2004) Areal Kelapa Sawit Naik Dua Kali Lipat Per Tahun 2003. *Kompas On-line*, 27 Agustus 2004, <http://www.kompas.com> (Diakses 14 September 2004).

Anonim (2005) Impor BBM Indonesia pada Tahun 2010 Akan Meningkat 40

Persen. *Kompas On-line*, 14 Januari 2005, <http://www.kompas.com> (Diakses 26 Januari 2005).

Babu PS, Desphande M, Juwarkar A, Khana P (1994) Characterization and Properties of the Microbial Biosurfactant Produced by *Bacillus licheniformis* Strain BS1. *Australian Biotechnology* 4(5): 302-305.

Brock TD, Madigan MT (1991) *Biology of Microorganisms*. 6th Edition. Prentice Hall International (UK) Limited, London.

Chemistry (2003) *SurfaceActiveAgent*. <http://www.chemistry.co.nz/surfactants.htm>.

Fardiaz S (1992) *Mikrobiologi Pangan*. UI-Press, Jakarta.

Hamdiyah S (2000) Isolasi dan Identifikasi Morfologi Bakteri Pendegradasi Minyak Bumi serta Efektivitasnya dalam Proses Bioremedasi. *Skripsi*. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, FAPERIKAN, IPB, Bogor.

Hidayati, S., Suryani, A., Permadi, P., Hambali, E., Syamsu, K, dan Sukardi. 2006. Optimasi Proses Pembuatan Metil Ester Sulfonat dari Minyak Inti Sawit. *Jurnal Industri Pertanian*, volume 15, nomor 3, hal, 96-100.

Matheson KL (1996) *Surfactant Raw Materials: Classification, Synthesis, and Uses in Soap and Detergents: A Theoretical and Practical Review*. Spitz L (ed) AOCS Press, Champaign, Illinois.

Montgomery, R., Dryer, R.L., Conway, T.W., Spector, A.A. (1993) *Biokimia: Suatu Pendekatan Berorientasi Kasus*, Jilid II. Diterjemahkan oleh Ismadi. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Petrowski GE (1976) *Emulsion Stability and its Relation to Food*. *Dalam*: Chicester CO (ed) *Advances in Food Research*. Academic Press, Inc, New York.

Rosen MJ, Goldsmith HA (1981) *Systematic Analysis of Surface-Active Agents*. 2<sup>nd</sup> Edition *Dalam*: *Chemical Analysis*.

- Elving PJ, Kolthoff IM (ed). John Wiley & Sons, New York.
- Sadi S (1993) Penggunaan Minyak Sawit dan Inti Sawit sebagai bahan baku Surfaktan. Berita Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) 1(1): 57-63.
- Schlegel HG (1994) Mikrobiologi Umum. Diterjemahkan oleh Tedjo Baskoro. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Suryani A, Sailah I, Hambali E (2002) Teknologi Emulsi. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, FATETA, IPB, Bogor.
- Swern D (1979) Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Vol. I 4<sup>th</sup> Edition. John Willey and Son, New York.
- Watkins C (2001) All Eyes are on Texas. Inform 12: 1152-1159.
- White G (2003) Biodegradation of Industrial Compounds. Cardiff School of Biosciences, UK.

# PEDOMAN PENULISAN

## Jurnal Teknologi Pertanian

### Universitas Mulawarman

#### Pengiriman

Jurnal Teknologi Pertanian Universitas Mulawarman menerima naskah berupa artikel hasil penelitian dan ulasan balik (*review*) yang belum pernah dipublikasikan pada majalah/jurnal lain. Penulis diminta mengirimkan tiga eksemplar naskah asli beserta *softcopy* dalam disket yang ditulis dengan program *Microsoft Word*. Naskah dan disket dikirimkan kepada:

#### Editor Jurnal Teknologi Pertanian

d. a. Program Studi Teknologi Hasil Pertanian  
Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian  
Universitas Mulawarman  
Jalan Pasir Belengkong  
Samarinda 75123

#### Format

**Umum.** Naskah diketik dua spasi pada kertas A4 dengan tepi atas dan kiri 3 centimeter, kanan dan bawah 2 centimeter menggunakan huruf *Times New Roman 12 point*, maksimum 12 halaman. Setiap halaman diberi nomor secara berurutan. Ulasan balik ditulis sebagai naskah sinambung tanpa subjudul Bahan dan Metode, Hasil dan Pembahasan. Selanjutnya susunan naskah dibuat sebagai berikut :

**Judul.** Pada halaman judul tuliskan judul, nama setiap penulis, nama dan alamat institusi masing-masing penulis, dan catatan kaki yang berisi nama, alamat, nomor telepon dan faks serta alamat E-mail jika ada dari *corresponding author*. Jika naskah ditulis dalam bahasa Indonesia tuliskan judul dalam bahasa Indonesia diikuti judul dalam bahasa Inggris.

**Abstrak.** Abstrak ditulis dalam bahasa Inggris dengan judul "ABSTRACT" maksimum 250 kata. Kata kunci dengan judul "Key word" ditulis dalam bahasa Inggris di bawah abstrak.

**Pendahuluan.** Berisi latar belakang dan tujuan.

**Bahan dan Metode.** Berisi informasi teknis sehingga percobaan dapat diulangi dengan teknik yang dikemukakan. Metode diuraikan secara lengkap jika metode yang digunakan adalah metode baru.

**Hasil.** Berisi hanya hasil-hasil penelitian baik yang disajikan dalam bentuk tubuh tulisan, tabel, maupun gambar. Foto dicetak hitam-putih pada kertas licin berukuran setengah kartu pos.

**Pembahasan.** Berisi interpretasi dari hasil penelitian yang diperoleh dan dikaitkan dengan hasil-hasil penelitian yang pernah dilaporkan (publikasi).

**Ucapan Terima Kasih.** Digunakan untuk menyebutkan sumber dana penelitian dan untuk memberikan penghargaan kepada beberapa institusi atau orang yang membantu dalam pelaksanaan penelitian dan atau penulisan laporan.

**Daftar Pustaka.** Daftar Pustaka ditulis memakai sistem nama tahun dan disusun secara abjad. Beberapa contoh penulisan sumber acuan:

#### Jurnal

Wang SS, Chiang WC, Zhao BL, Zheng X, Kim IH (1991) Experimental analysis and computer simulation of starch-water interaction. *J Food Sci* 56: 121-129.

#### Buku

Charley H, Weaver C (1998) *Food a Scientific Approach*. Prentice-Hall Inc USA

#### Bab dalam Buku

Gordon J, Davis E (1998) Water migration and food storage stability. Dalam: *Food Storage Stability*. Taub I, Singh R. (eds.), CRC Press LLC.

#### Abstrak

Rusmana I, Hadioetomo RS (1991) *Bacillus thuringiensis* Berl. dari peternakan ulat sutera dan toksisitasnya. Abstrak Pertemuan Ilmiah Tahunan Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia. Bogor 2-3 Des 1991 hA-26.

#### Prosiding

Prabowo S, Zuheid N, Haryadi (2002) Aroma nasi: Perubahan setelah disimpan dalam wadah dengan suhu terkendali. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional PATPI*. Malang 30-31 Juli 2002 hA48.

#### Skripsi/Tesis/Disertasi

Meliana B (1985) Pengaruh rasio udang dan tapioka terhadap sifat-sifat kerupuk udang. Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian UGM Yogyakarta.

#### Informasi dari Internet

Hansen L (1999) Non-target effects of Bt corn pollen on the Monarch butterfly (Lepidoptera: Danaidae). <http://www.ent.iastate.edu/entsoc/ncb99/pr og/abs/D81.html> [21 Agu 1999].

Bagi yang naskahnya dimuat, penulis dikenakan biaya Rp 75.000,00 (tujuh puluh lima ribu rupiah).

Hal lain yang belum termasuk dalam petunjuk penulisan ini dapat ditanyakan langsung kepada REDAKSI JTP