

Bidang Ilmu : Pertanian

**LAPORAN
HIBAH BERSAING TAHUN KE-3**



**OPTIMASI PRODUKSI SURFAKTAN DARI CPO PARIT
DAN MINYAK JELANTAH DARI SAWIT DAN UJI
EFEKTIVITASNYA PADA PENDESAKAN MINYAK
BUMI**

Tim Pengusul:

**Dr. Sri Hidayati, M.P, NIDN: 0030097102
Dr. Muh Sarkowi, M.S1, NIDN: 0010127102**

**UNIVERSITAS LAMPUNG
2015**

**HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN HIBAH BERSAING**

Judul Kegiatan : Optimasi Produksi Surfaktan Dari Cpo Parit Dan Minyak Jelantah Dari Sawit Dan Uji Fektivitasnya Pada Pendesakan Minyak Bumi

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 162./Teknologi Hasil Pertanian

Ketua Peneliti

A. Nama Lengkap : Dr. SRI HIDAYATI S.T.P.M.P.

B. NIDN : 0030097102

C. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

D. Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian

E. Nomor HP : 085841147700

F. Surel (e-mail) : hidayati_thp@umla.ac.id

Anggota Peneliti (1)

A. Nama Lengkap : Dr MUHAMMAD SARKOWI M.Si.

B. NIDN : 0010127102

C. Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Lama Penelitian Keseluruhan : 3 Tahun

Penelitian Tahun ke : 3

Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp 210.000.000,00

Biaya Tahun Berjalan

- disalurkan ke DIKTI	Rp 70.000.000,00
- dalam internal PT	Rp 0,00
- dalam institusi lain	Rp 0,00
- inskud sebutkan	0

Mengotomasi
penyahaan Dekan II

(Prof. Dr. Irwan Sukri Barawa, M.Si.)
NIP/NIK 1967110201986031002

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian

(Dr. Enji Admi Syarif)
NIP/NIK 19670101992031003

Bandar Lampung, 27 - 10 - 2018

Ketua Peneliti

(Dr. SRI HIDAYATI S.T.P.M.P.)
NIP/NIK 197109301995122002

ABSTRAK

OPTIMASI PRODUKSI SURFAKTAN DARI CPO PARIT DAN MINYAK JELANTAH DARI SAWIT DAN UJI FEKTIVITASNYA PADA PENDESAKAN MINYAK BUMI

Sri Hidayati*, Muh Sarkowi

Limbah kelapa sawit merupakan salah satu bahan baku yang sangat potensial yang dapat dimanfaatkan untuk bahan baku pembuatan surfaktan untuk EOR (Enhanced Oil Recovery) pada minyak bumi. Salah satu limbah cair kelapa sawit tersebut adalah CPO parit, sedangkan limbah dari hasil penggorengan minyak sawit adalah jelantah. Diharapkan pemanfaatan dari kedua jenis limbah ini mampu menekan biaya produksi untuk bahan baku pembuatan surfaktan seperti metil ester sulfonat sehingga mampu bersaing dengan bahan baku lainnya.

Berdasarkan hasil penelitian Tahun II, MES yang dihasilkan memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai surfaktan flooding sehingga perlu dikaji untuk penggunaan MES terhadap pendesakan minyak bumi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi surfaktan dari 0,5 sampai 3% menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi surfaktan akan menurunkan kemampuan untuk merecovery minyak. Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi surfaktan sebesar 1% dengan nilai recovery surfactant sebesar 59% dan total keseluruhan hasil flooding dengan water flooding dengan menggunakan core yang memiliki permeabilitas 788,37 mD dan porositas 20,487%.

Kata Kunci: MES, core displacement, konsentrasi surfaktan

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF PRODUCTION SURFACTANT USED WASTE OIL PALM
AND TEST OF OIL AND PETROLEUM EFFECTIVENESS IN DISPLACEMENT

Sri Hidayati*, Muh Sarkowi

Waste oil palm is one of the raw materials that could potentially be used as raw material for the manufacture of surfactants for EOR (Enhanced Oil Recovery) on petroleum. One liquid waste palm oil is CPO trench, while the waste from the frying oil is used cooking oil. The expected utilization of both types of waste are able to lower production costs for raw materials such as methyl ester surfactant sulfonatl so as to compete with other raw materials.

Based on the results of the study Year II, MES produced has the potential to be used as a surfactant flooding that need to be studied for use MES to the displacement of petroleum. The results showed that increasing the concentration of surfactant from 0.5 to 3% shows that the higher the concentration of surfactant will reduce the ability to recover the oil. The best results are obtained at surfactant concentration of 1% with a recovery value of 59% surfactant and the total results of flooding with water flooding using core permeability and porosity 788.37 mD 20.487%.

Keywords: MES, core displacement, surfactant concentration

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Surfaktan merupakan suatu bahan yang dapat mengubah atau memodifikasi tegangan permukaan dan antarmuka antara fluida yang tidak saling larut (Unisource canada, 2005; Scharamm, 2000; Salager, 2002; Particle Engineering Research Center, 2005). Hal ini membuat surfaktan banyak digunakan industri perminyakan untuk mendesak minyak bumi/*enhanced oil recovery* (EOR). Kebutuhan surfaktan pada industri di Indonesia pada tahun 2005 mencapai 719.000 Metrik Ton (Hadisubroto, 2005) dan sepenuhnya merupakan produk impor. Salah satu metode EOR yang digunakan yaitu injeksi kimia dengan menggunakan surfaktan atau surfactant flooding (Taber *et al.*, 1997). Injeksi surfaktan merupakan salah satu cara untuk mengurangi sisa minyak yang masih tertinggal di dalam *reservoir* dengan cara menginjeksikan suatu zat aktif permukaan ke dalam *reservoir* sehingga tegangan antarmuka minyak-air dapat diturunkan. Dengan turunnya tegangan antarmuka maka tekanan kapiler pada daerah penyempitan pori-pori batuan *reservoir* dapat dikurangi sehingga minyak yang terperangkap dalam pori-pori batuan dapat didesak dan diproduksi. Agar dapat menguras minyak yang masih tersisa secara optimal maka diperlukan jenis surfaktan yang sesuai. Salah satu jenis surfaktan yang potensial untuk dikembangkan yaitu surfaktan metil ester sulfonat (MES)

Penelitian mengenai proses produksi MES dari minyak inti sawit sudah untuk EOR dilakukan oleh Hidayati (2006), dan minyak jarak (Hidayati *et al.*, 2009) menggunakan reaktan NaHSO_3 dengan karakteristiknya serta uji pada pendesakan minyak bumi mampu merecovery minyak bumi sebesar 72%. Hasil optimasi MES pada Tahun II memperlihatkan bahwa MES dengan perlakuan suhu menunjukkan bahwa MES memiliki ketahanan pada Pemanasan pada suhu 120-180°C selama 8 jam belum mampu merusak gugus sulfonat tetapi pemanasan pada suhu 180°C selama 56 jam mampu merusak gugus sulfonat ditandai dengan penurunan peak mencapai setengah pada gugus sulfonat pada MES dari minyak sawit, perlakuan penambahan Na_2SO_3 pada konsentrasi 2% masih mampu menurunkan tegangan antar muka sebesar 0,0013 dyne/cm, pada salinitas sampai 30.000 ppm masih menghasilkan IFT pada kisaran 0,0065 dyne/cm.

Berdasarkan hasil penelitian Tahun II, MES yang dihasilkan memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai surfaktan flooding sehingga perlu dikaji untuk penggunaan MES terhadap pendesakan minyak bumi. Parameter yang diamati untuk mengetahui kinerja MES pada proses pendesakan minyak bumi, parameter yang diamati adalah ketahanan MES terhadap salinitas, kesadahan, suhu, adsorpsi batuan dan perolehan minyak pada uji *core displacement*. Diharapkan pada penelitian ini MES dengan menggunakan bahan baku minyak jelantah dan CPO parit dengan reaktan aktif diharapkan memiliki hasil uji screening yang baik sehingga menghasilkan recovery minyak bumi yang tinggi.

1.2 Tujuan Khusus

Secara rinci tujuan khusus penelitian adalah:

1. Mendapatkan kinerja surfaktan dalam tabung reaksi berdasarkan kelakuan fasa yang terjadi.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi MES pada pendesakan minyak bumi terhadap perolehan minyak bumi.
3. Mengetahui pengaruh formulasi MES dengan surfaktan nonionic yang lain terhadap perolehan minyak.
4. Mengetahui efektivitas MES pada proses pendesakan minyak bumi di laboratorium.

1.3 Keutamaan Penelitian

Peningkatan harga minyak bumi dunia tahun 2012 mencapai \$120 perbareel menyebabkan kemungkinan terjadi krisis energi terutama jika tidak ditemukan cadangan minyak baru (Kompas, 2012). Sisa minyak di dalam pori-pori batuan masih 70% yang harus diambil dengan teknologi EOR. *Enhanced Oil Recovery* (EOR) merupakan tahap akhir proses produksi suatu reservoir minyak yaitu apabila produksi minyak sudah dilakukan dengan proses *primary* dan *secondary recovery*, maka minyak yang tersisa harus dikuras dengan metode EOR. Tujuan dari EOR adalah meningkatkan perolehan minyak dengan mengubah sifat fisik batuan/fluida agar minyak sisa yang

terperangkap dalam pori-pori batuan reservoir dapat dialirkan kepermukaan (Siregar *et al.*, 1999). Penurunan tekanan di dalam reservoir, viskositas yang meningkat dan besarnya tegangan antar muka menyebabkan minyak sulit untuk keluar dari pori-pori batuan. Surfaktan yang diinjeksikan ke dalam reservoir minyak bumi (*surfactant flooding*) akan menurunkan tegangan antar muka (IFT) minyak-air yang kemudian akan mengurangi tekanan kapiler pada daerah penyempitan pori-pori sehingga minyak yang tertinggal sesudah proses *water flooding* dapat diproduksi. Untuk menurunkan bilangan kapiler diperlukan penurunan IFT dari nilai normal IFT minyak-air 30 dyne/cm menjadi 10^{-2} dyne/cm.

Metil Ester Sulfonat (MES) merupakan salah satu surfaktan anionik yang dibuat dari minyak nabati maupun hewani dan berfungsi sebagai bahan aktif penurun tegangan permukaan yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai macam industri seperti industri makanan, minuman, sabun, deterjen, kosmetika dan industri perminyakan. Jenis surfaktan yang banyak digunakan untuk industri perminyakan adalah surfaktan berbasis petroleum. Kelemahan surfaktan berbasis petroleum adalah bahan baku yang bersifat tidak dapat diperbaharui, harga mahal, tidak tahan pada kesadahan yang tinggi dan sulit didegradasi oleh mikroba sehingga tidak ramah lingkungan. Keunggulan yang dimiliki surfaktan MES dibandingkan surfaktan berbasis petroleum yaitu dapat dibuat dari minyak nabati yang bersifat renewable, murah, lebih ramah lingkungan, secara alami mudah didegradasi dan memiliki sifat deterjensi yang baik walaupun digunakan pada air dengan tingkat kesadahan dan salinitas yang cukup tinggi.

Salah satu minyak nabati yang potensial dan belum dimanfaatkan untuk bahan baku pembuatan surfaktan yakni biodiesel adalah minyak jelantah dan CPO parit dari minyak sawit (Sugiyono, 2010; Suarna, 2010). Pada tahun 2005 Indonesia memiliki 360 pabrik CPO dengan produksi sebesar 11,6 juta ton dengan limbah cair (CPO parit) sebanyak 0,355 juta ton. Limbah tersebut memiliki kandungan BOD sebesar 25.000 mg/l dan pH 4,2 sehingga berbahaya jika langsung dibuang ke sungai (Afrizal, 2007; Nugroho, 2010; Prihandaka *et al.*, 2007). Perkiraan jika limbah tersebut diolah menjadi MES akan menghasilkan 7,093 juta liter MES pertahun sehingga diharapkan Indonesia tidak lagi mengimpor surfaktan anionik untuk kepentingan industrinya. Komposisi CPO parit maupun minyak jelantah tidak jauh berbeda dengan CPO sawit.

Kandungan asam lemak penyusun minyak jelantah dan CPO parit

diantaranya terdiri dari oleat 32,192%, dan linoleat 5,022% (Sidjabat, 2004). Kandungan asam lemak berikatan rangkap ini hampir mendekati kandungan asam lemak minyak pada CPO seperti oleat 39- 45 %, linoleat 7- 11% (Hidayati, 2006). Keadaan ini menunjukkan bahwa minyak minyak jelantah dan CPO parit diharapkan akan memberikan hasil relatif sama dengan MES yang dihasilkan dari bahan baku minyak CPO.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka untuk menghasilkan MES yang memiliki kinerja yang cocok untuk EOR perlu dilakukan suatu kajian perancangan proses produksi MES menggunakan pereaktan H_2SO_4 yang meliputi optimasi proses sulfonasi dimana yang diteliti adalah berapa konsentrasi H_2SO_4 dan lama reaksi yang terbaik yang menghasilkan MES dengan karakteristik yang cocok untuk digunakan sebagai surfaktan pada EOR dengan bahan baku dari minyak minyak jelantah dan CPO parit.

Hasil optimasi MES pada Tahun II memperlihatkan bahwa MES dengan perlakuan suhu menunjukkan bahwa MES memiliki ketahanan pada Pemanasan pada suhu 120-180°C selama 8 jam belum mampu merusak gugus sulfonat tetapi pemanasan pada suhu 180°C selama 56 jam mampu merusak gugus sulfonat ditandai dengan penurunan peak mencapai setengah pada gugus sulfonat pada MES dari minyak sawit, perlakuan penambahan Na_2SO_3 pada konsentrasi 2% masih mampu menurunkan tegangan antar muka sebesar 0,0013 dyne/cm, pada salinitas sampai 30.000 ppm masih menghasilkan IFT pada kisaran 0,0065 dyne/cm. Berdasarkan hasil penelitian Tahun II, MES yang dihasilkan memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai surfaktan flooding sehingga perlu dikaji uji kelakuan fasa untuk memperkirakan kelakuan fasa campuran surfaktan, air dan minyak dalam memperkirakan kinerja surfaktan di dalam tabung reaksi, uji pengaruh konsentrasi MES terhadap adsorpsi batuan. Adanya kation di dalam batuan akan menyebabkan surfaktan teradsorpsi dan terjadi proses pemisahan atau fraksinasi yang menyebabkan penurunan konsentrasi surfaktan dan Uji pengaruh konsentrasi MES pada pendesakan minyak bumi terhadap perolehan minyak bumi

Hasil penelitian Hidayati (2006) menunjukkan bahwa penggunaan MES dari minyak inti sawit pada konsentrasi 1% dengan salinitas 20.000 ppm menghasilkan IFT $2,3^{-3}$ dyne/cm, sedangkan penggunaan MES dari minyak jarak pagar pada konsentrasi 1%, kesadahan 20.000 ppm mampu merecovery minyak >78% pada batuan dengan porositas 20,487% dan permeabilitas 788,376 mD (Hidayati *et al*, 2009), sehingga

diharapkan MES dari minyak minyak jelantah dan CPO parit dengan reaktan aktif dapat digunakan sebagai *surfactant flooding* dalam EOR yang lebih tinggi.

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai IFT adalah konsentrasi surfaktan, kesadahan, salinitas dan suhu. Hasil penelitian Mac Arthur *et al.*, (1998) menunjukkan bahwa MES C₁₆₋₁₈ yang dibuat melalui proses sulfonasi gas memiliki ketahanan terhadap kesadahan (Ca⁺⁺ dan Mg⁺⁺) dibandingkan surfaktan Alkil Olefin Sulfonat, Alkohol Sulfat dan Linier Alkil Sulfonat. MES dengan kesadahan sampai 300 ppm mampu mempertahankan daya deterjensi dari 90% menjadi 80% sedangkan alkohol sulfat turun menjadi 73%, dan linier alkil sulfonat menjadi 55%. Daya deterjensi ini berkorelasi dengan tegangan permukaan dan tegangan antar muka.

MES merupakan surfaktan anionik yang bermuatan negatif dan cocok untuk batuan/*core* yang mengandung silikat (kuarsa) yang juga bermuatan negatif sehingga tidak akan saling mengikat. Untuk itu perlu dilakukan penelitian mengenai konsentrasi surfaktan yang mampu menghasilkan recovery minyak paling tinggi dengan berbagai jenis core (batuan) yang memiliki porositas dan permeabilitas berbeda.

Hasil temuan diharapkan dapat diterapkan pada industry pengeboran minyak bumi dan deterjen karena MES merupakan salah satu surfaktan anionik yang memiliki potensi yang baik ditinjau dari kemampuan menurunkan tegangan antarmuka dan ketahanannya terhadap salinitas dan kesadahan yang tinggi serta bersifat biodegradable dan diharapkan dapat menekan biaya produksi bahan baku pembuatan MES dengan memanfaatkan limbah sebagai bahan baku MES.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Pengaruh Suhu, Salinitas, Kesadahan dan Konsentrasi Terhadap Kinerja metil Ester Sulfonat

Kinerja yang paling utama surfaktan adalah kemampuan menurunkan tegangan antarmuka (IFT) dan stabilitas emulsi. Surfaktan yang mampu membentuk mikroemulsi memiliki sifat karakteristik seperti memiliki harga IFT yang rendah dan memiliki kapasitas untuk melarutkan antara minyak dan air. Kestabilan mikroemulsi dipengaruhi oleh salinitas, zat aditif, kesadahan, suhu dan tekanan (Gomma, 2003). Stabilitas termodinamik dari mikroemulsi dilaporkan oleh Ruckenstein dan Chi (1990)

yang menyatakan bahwa energi untuk membentuk mikroemulsi berkisar $10^{-2} - 10^{-3}$ mN/m .

Proses pendesakan minyak bumi dengan menggunakan surfaktan sebagai *microemulsions flooding* sudah lama digunakan. Minyak yang terjebak didalam reservoir memiliki IFT yang sangat tinggi yaitu 20-25 mN/m antara minyak dan *reservoir brine*, jika IFT diturunkan menjadi 10^{-2} mN/m maka fraksi minyak dalam residual oil dalam porous media yang terjebak dapat dimobilisasi/didesak (Gilje, *et al.*, 1992, Baviere *et al.*, 1995).

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai IFT adalah kesadahan, salinitas dan suhu. Pada konsentrasi yang memadai, surfaktan yang awalnya merupakan elektrolit biasa, mulai membentuk asosiasi antar molekul/micelles. Kesadahan yang berhubungan dengan keberadaan kation di dalam air khususnya ion divalen seperti kalsium dan magnesium menyebabkan surfaktan anionik dapat bergabung membentuk komponen yang tidak larut karena proses presipitasi. Hal ini tidak hanya mengurangi sifat kelarutan surfaktan di dalam air tetapi juga dapat mengurangi jumlah surfaktan dan karakteristik adsorpsi antara padatan/cairan, cairan/cairan dan permukaan air dan udara, sehingga mempengaruhi proses EOR. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Kumar dan Bhat (1987) menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi Alkil Benzen Sulfonat (ABS) yaitu surfaktan dari golongan anionik pada air sadah akan meningkatkan presipitasi surfaktan, menurunkan kelarutan dan meningkatkan IFT (*interfacial tension*).

Salinitas memegang peranan penting dalam proses EOR. Pada kondisi salinitas rendah, surfaktan lebih larut dalam air sedangkan pada salinitas yang lebih tinggi surfaktan lebih larut dalam minyak. Mikroemulsi dihasilkan pada fasa *intermediate salinities* yakni terjadi keseimbangan antara fasa minyak dan air yang menghasilkan nilai tegangan antarmuka yang rendah. (www.oil.com/EOR/eor.html.13k, Paul dan Moulik, 2001). Salinitas yang lebih tinggi akan meningkatkan fraksi *oil-wet*. Hal ini karena *electrostatic repulsion* meningkat antara ion pada larutan surfaktan sehingga menyebabkan peningkatan adsorpsi surfaktan pada *solid fluid interface* (Ashayer - soltani , 1999). Hasil penelitian Hidayati (2006) menunjukkan bahwa penggunaan MES 1% pada salinitas 20.000 ppm menghasilkan IFT $2,3^{-3}$ dyne/cm sehingga diharapkan dapat digunakan sebagai *surfactant flooding* dalam EOR.

Suhu yang tinggi akan mengubah sistem surfaktan dan memecah sistem tersebut

(Sampath *et al.*, 2003) sehingga perlu diteliti sejauh mana ketahanan MES akibat pengaruh suhu tinggi. Sistem emulsi surfaktan di dalam reservoir yang bersuhu tinggi akan mengalami gangguan kestabilan akibat pemecahan struktur rantai dalam waktu yang lama. Secara umum, surfaktan dari golongan sulfonat lebih tahan terhadap suhu dibandingkan dengan surfaktan dari golongan sulfat (Hu dan Tuvell, 1988). Hasil Penelitian Hidayati (2009) menunjukkan bahwa MES yang dibuat dari minyak inti sawit memiliki ketahanan panas tanpa merusak gugus sulfonat dan kinerja untuk menurunkan IFT pada suhu mencapai 180°C selama 56 jam. Penelitian penggunaan surfaktan MES dari *crude palm oil* CPO parit dan minyak jelantah untuk EOR belum pernah dilakukan sehingga perlu dilakukan kajian-kajian untuk mendapatkan karakteristik MES yang cocok untuk EOR dan pengujian efektivitasnya terhadap pendesakan minyak bumi.

3.2 Peranan Surfaktan terhadap Tegangan Antarmuka (*Interfacial Tension*) Minyak-Air dan Pendesakan Minyak Bumi

Besarnya gaya kapiler yang bekerja pada pori-pori dimana minyak dan air terdapat didalamnya mengakibatkan sebagian minyak sisa akan terperangkap. Surfaktan yang di injeksikan ke dalam inti batuan (*core*) bertujuan untuk menurunkan tegangan antar muka minyak air. Penurunan ini akan mengurangi tekanan kapiler pada daerah penyempitan pori-pori sehingga minyak yang tertinggal sesudah proses *water flooding* dapat diproduksi.

Tekanan kapiler mempunyai hubungan dengan afinitas batuan reservoir yang ditunjukkan oleh besarnya tegangan adhesi batuan reservoir terhadap sistem fluidanya. Tegangan adhesi merupakan fungsi dari tegangan antar permukaan serta fungsi dari kecenderungan fluida membasahi batuan (derajat kebasahan). Tegangan adhesi erat hubungannya dengan sifat kapilaritas dari batuan reservoirnya, dimana harga tekanan kapiler pada media yang berpori akan berbanding terbalik dengan jari-jari kapilernya.

Ukuran pori-pori berhubungan erat dengan tekanan kapiler dimana semakin kecil jari-jari pori-pori maka tekanan kapiler yang ditimbulkan semakin besar. Tekanan kapiler pada daerah penyempitan merupakan penghambat aliran gelembung minyak tersebut. Supaya gelembung minyak ini bisa melalui lubang kapiler dengan baik maka diperlukan penambahan tekanan tertentu sehingga bisa menembus lubang yang

disebabkan oleh pengecilan pori-pori atau dengan cara menurunkan tegangan antarmuka minyak-air yakni dengan penambahan surfaktan.

Surfaktan memegang peranan penting di dalam proses *Enhanced Oil Recovery* (EOR) dengan cara menurunkan tegangan antarmuka, merubah *wettability*, bersifat sebagai emulsifier, menurunkan viskositas dan menstabilkan dispersi sehingga akan memudahkan proses pengaliran minyak bumi dari reservoir untuk di produksi. Minyak yang terjebak di dalam pori-pori batuan disebut *blobs* atau *ganglia*. Untuk mendorong *ganglia* maka gaya kapilaritas dalam pori-pori harus diturunkan yakni dengan cara menurunkan nilai IFT antara minyak sisa dengan brine di dalam reservoir. Surfaktan mampu menurunkan IFT dan menurunkan saturasi minyak. Hal yang penting dalam proses penggunaan surfaktan untuk menghasilkan *recovery* minyak yang tinggi adalah: IFT yang sangat rendah, *brine compatibility* dan kestabilan terhadap temperatur, *control mobility* dan kelayakan ekonomis (Pithapurwala, *et al.*, 1986).

Metode EOR menggunakan cara kimiawi seperti *micellar-polymer flooding* (*MP flooding*) sangat efektif bila menggunakan surfaktan. Hal yang sangat penting dalam proses memaksimalkan hasil EOR adalah *oil swelling*, penurunan tegangan antar muka, *rock wettability modification*, pengurangan viskositas minyak dan *favorable phase behavior*. Hal ini disebabkan karena *capillary forces* pada proses penjeratan minyak bumi di bebatuan reservoir tergantung dari *capillary number*. *Capillary number* didefinisikan sebagai rasio viscous pada *capillary forces*.

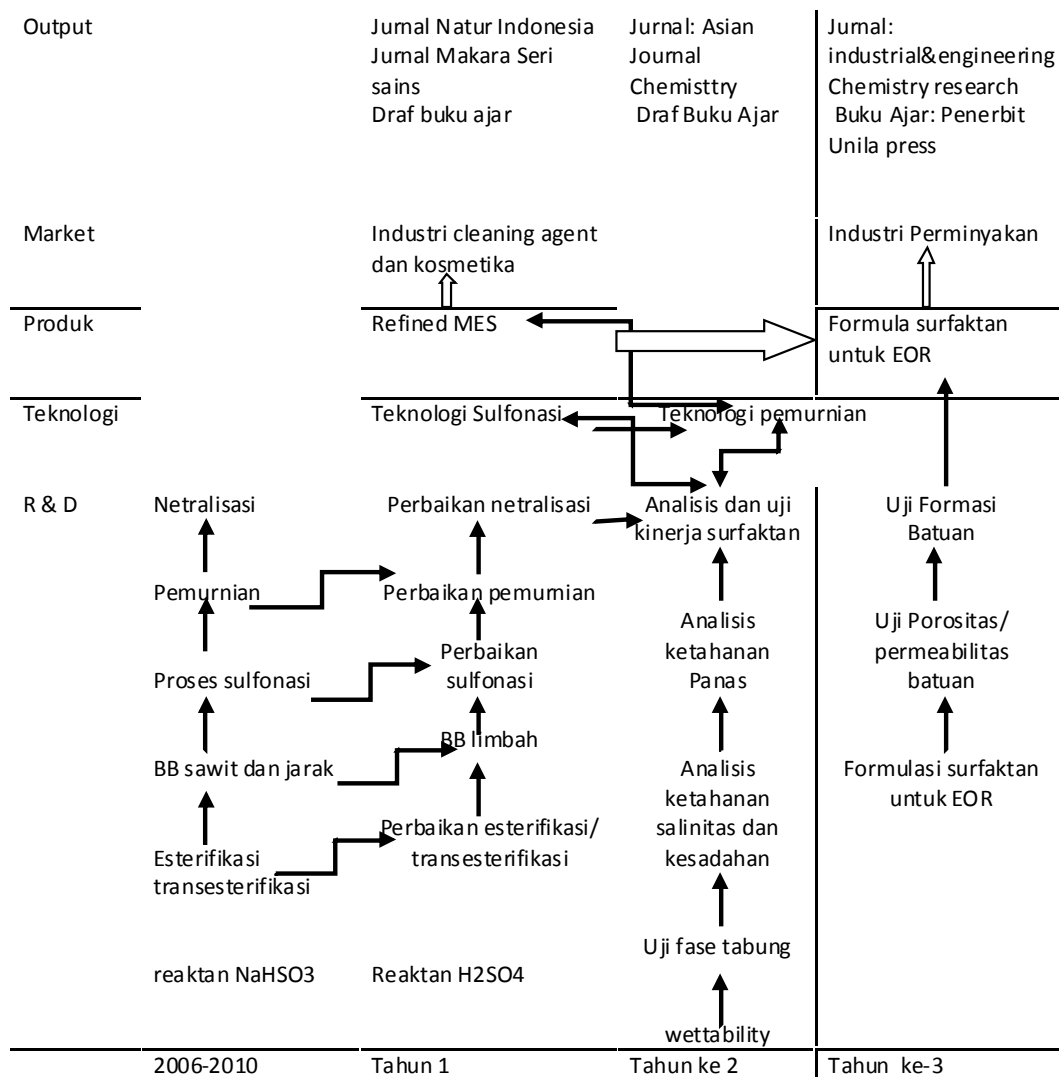
$$N_{ca} = \frac{\text{Viscous Forces}}{\text{Capillary Forces}} = \frac{v\mu}{\sigma \cos \theta}$$

Dimana v dan μ adalah Darcy *velocity* dan viskositas pada cairan, σ adalah tegangan antarmuka minyak-air dan θ adalah sudut kontak (*contact angle*). *Capillary number* dapat dikontrol dengan penambahan surfaktan (*surface active agent*). IFT yang rendah akan menurunkan gaya kapiler sehingga proses penjeratan minyak dapat dikurangi akibat dari penurunan viskositas dan proses mobilisasi (Alban and Gabbito, 2003). Hasil uji laboratorium *Bereau sandstone cores* menunjukkan bahwa mobilisasi minyak sudah dapat terjadi pada nilai sekitar 10^{-5} dan *capillary number* 10^{-3} untuk EOR lengkap (www.oil-chem.com/EOR/eor.html-13k). Pada injeksi surfaktan hal yang kurang baik untuk dilakukan injeksi adalah kondisi *core* yang heterogen seperti adanya *clay*, permeabilitas dan porositas yang kecil, adanya ion bervalensi dua dengan konsentrasi

tinggi yang dapat mempresipitasi surfaktan. Hasil uji *core displacement* pada penggunaan surfaktan sodium lignosulfonat dari lignin tandan kelapa sawit 2% diperoleh recovery sekitar 30% sedangkan pada penggunaan MES dari inti sawit sebesar 2,5% diperoleh recovery total sebesar 72% (Hidayati, 2006. Hasil penelitian Rivai (2008) menunjukkan bahwa formula surfaktan berbasis MES terbaik untuk diaplikasikan pada industri perminyakan lapangan karbonat adalah formula dengan komposisi surfaktan MES 0,3%, Na_2CO_3 0,3% dan salinitas 15.000 ppm .

Roadmap penelitian seperti dibawah ini.

Tahun	Jenis bahan baku	Optimasi proses	Hasil/output	Pengembangan lanjutan
2006-2010	Minyak non limbah 1. Inti sawit 2. CPO 3. Minyak jarak 4. Minyak curah	- Suhu, lama reaksi, konsentrasi metanol, suhu pemurnian, suhu netralisasi, lama netralisasi - Pengaruh suhu, lama, salinitas dan kesadahan pada minyak inti sawit, CPO dan jarak	1. IFT<10-1dyne/cm 2. Stabilitas emulsi >60% 3. Recovery<75% 4. Memiliki ketahanan terhadap suhu 150oC selama 58 jam, salinitas optimal 20.000 ppm dan kesadahan sampai 300 ppm Output:jurnal	Pengembangan MES dengan bahan baku limbah minyak dan optimasi pada perlakuan dengan pereaksi yang lebih aktif untuk menghasilkan recovery minyak optimal
2011-2015	Pemanfaatan limbah sebagai bahan baku MES 1. CPO parit 2. Minyak jelantah	- Optimasi proses dengan reaktan yang lebih aktif - Optimasi proses meliputi rasio mol, suhu, konsentrasi reaktan dan pemucatan - Uji kinerja MES akibat termal degradasi, salinitas, kesadahan - Optimasi formulasi surfaktan untuk pendesakan minyak bumi	Hasil yang diharapkan: 1. IFT<10-2 dyne/cm 2. Stabilitas emulsi>75% 3. Recovery minyak>75% 4. Tahan suhu ,kesadahan dan salinitas tinggi 5. Daya adsiorbsi batuan rendah Output: jurnal dan buku ajar	MES merupakan surfaktan yang sangat potensial sebagai surfaktan flooding sehingga pengembangannya sangat menjanjikan



3.3 Kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan dan yang telah dicapai

Penelitian mengenai pemanfaatan minyak nabati sebagai bahan baku pembuatan surfaktan jenis metil ester sulfonat telah dilakukan oleh peneliti sejak tahun 2006. Proses produksi MES dengan bahan baku minyak inti sawit telah dilakukan oleh Hidayati (2006), CPO sawit (Hidayati *et al*, 2008) dan minyak jarak (Hidayati *et al*, 2009) dengan dukungan dana Hibah Bersaing Ditjen Dikti Tahun 2008/2009 menggunakan reaktan NaHSO₃ dan produksi MES dari minyak curah pada tahun 2010 dengan dana kerjasama dengan Lemigas (Lembaga Penelitian Minyak dan Gas). Hasil penelitian Tahun I (HB 2013) menunjukkan bahwa kondisi proses sulfonasi terbaik terdapat pada konsentrasi H₂SO₄ 80% dan lama reaksi 90 menit. Karakteristik Metil

Ester Sulfonat (MES) terbaik yang dihasilkan memperlihatkan nilai tegangan permukaan 27,35 dyne/cm, stabilitas emulsi 89,44 %, nilai bilangan asam antara 17,72 mg KOH/g dan nilai tegangan antar muka pada konsentrasi MES 2% di dalam air dengan salinitas 10.000 ppm yaitu 0,0361 dyne/cm. Berdasarkan hasil penelitian Tahun I, MES yang dihasilkan memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai surfaktan flooding sehingga perlu dikaji ketahanannya terhadap suhu, lama pemanasan, salinitas dan kesadahan. Hasil optimasi MES pada Tahun II memperlihatkan bahwa MES dengan perlakuan suhu menunjukkan bahwa MES memiliki ketahanan pada Pemanasan pada suhu 120-180°C selama 8 jam belum mampu merusak gugus sulfonat tetapi pemanasan pada suhu 180°C selama 56 jam mampu merusak gugus sulfonat ditandai dengan penurunan peak mencapai setengah pada gugus sulfonat pada MES dari minyak sawit, perlakuan penambahan Na₂SO₃ pada konsentrasi 2% masih mampu menurunkan tegangan antar muka sebesar 0,0013 dyne/cm, pada salinitas sampai 30.000 ppm masih menghasilkan IFT pada kisaran 0,0065 dyne/cm.

Pada MES dari inti sawit menghasilkan nilai tegangan antarmuka minyak bumi-air dari 35,45 dyne/cm menjadi dyne/cm, stabilitas emulsi 88,7%, tegangan permukaan 32,8 dyne/cm dan sedangkan hasil uji pendesakan minyak bumi dengan menggunakan konsentrasi MES dari minyak inti sawit 2,5% pada salinitas mencapai 20.000 ppm mampu mendesak minyak bumi sebanyak 72% dari minyak bumi awal yang terdapat di dalam batuan, sedangkan MES dari CPO menghasilkan stabilitas emulsi 79,5%, tegangan antarmuka 0,35 dyne/cm dan tegangan permukaan 33,2 dyne/cm. Hasil MES menggunakan minyak jarak pagar menghasilkan stabilitas emulsi 55%, tegangan permukaan 28,93 dyne/cm dengan uji terhadap pendesakan minyak bumi mampu mencapai 75%. Pada uji ketahanan panas dari minyak CPO dan Jarak pagar dengan dana penelitian dari Fundamental Ditjen Dikti tahun 2010/2011 menunjukkan bahwa MES dari CPO, inti sawit maupun minyak jarak pagar memiliki ketahanan panas sampai suhu 180°C selama 72 jam dengan hasil masih memiliki gugus fungsional berupa gugus sulfonat pada suhu tersebut.

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

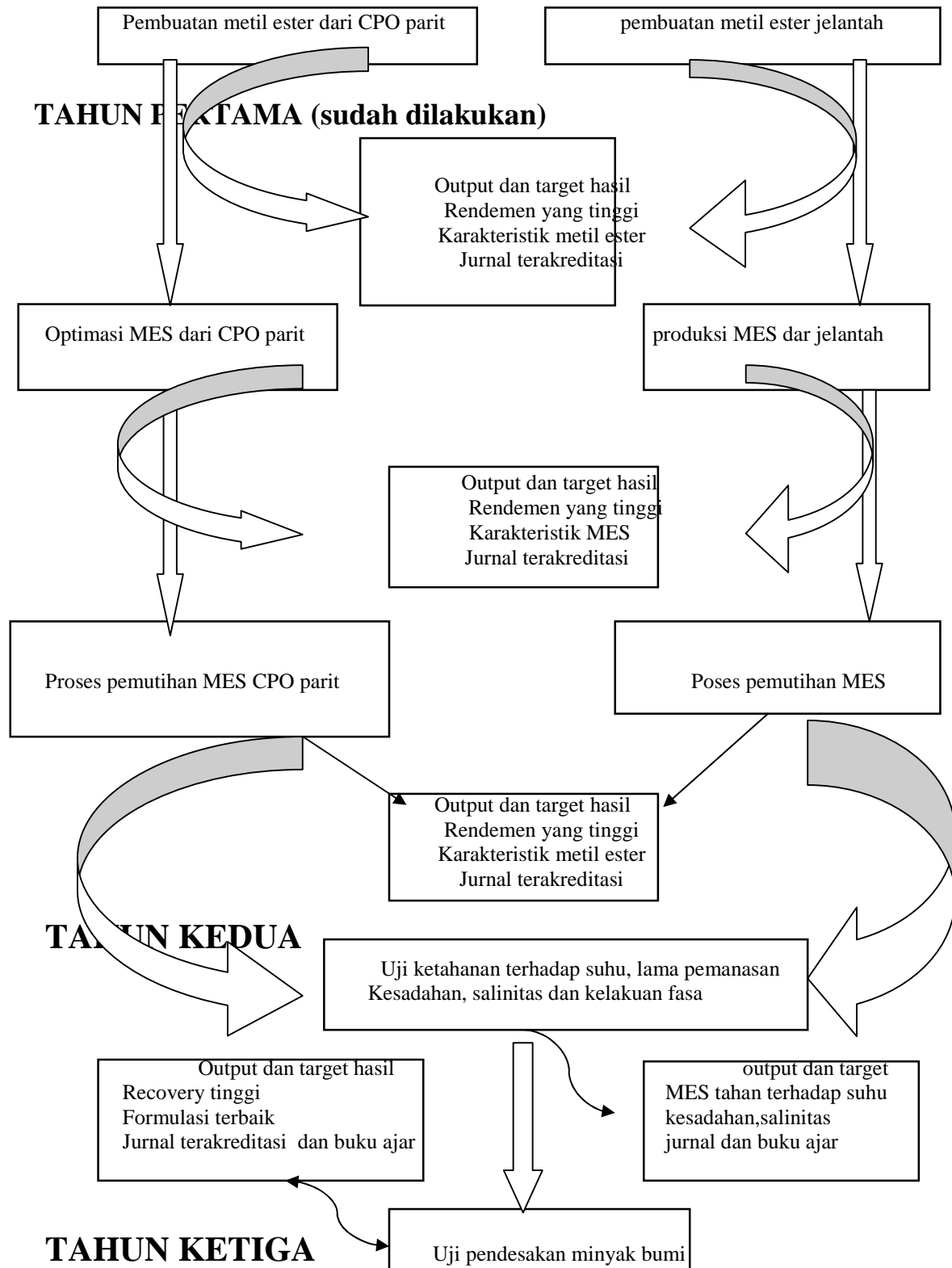
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak goreng bekas, metanol teknis, NaOH, aquades dan bahan kimia untuk analisis. Peralatan untuk membuat MES terdiri dari rangkaian alat sulfonasi atau *sulfonation apparatus* (terdiri dari labu tiga leher 500 ml, termometer, *hot plate* yang dilengkapi *magnetic stirrer*, motor pengaduk, dan kondensor), neraca analitik, gelas arloji, gelas ukur 100 ml, gelas ukur 10 ml, labu erlenmeyer, *sentrifuge* dan pH meter. Peralatan untuk analisis sampel adalah tensiometer du Nuoy, neraca analitik, piknometer, refraktometer, pipet dan *Fourier Transform Infra red* (FTIR).

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Lab Biomass Terpadu Universitas Lampung, laboratorium EOR Institut Teknologi Bandung dan Laboratorium Miscellar Flooding Lembaga Penelitian Minyak dan Gas, Jakarta.

3.3 Kegiatan Penelitian yang akan dilaksanakan

Skema Kegiatan Penelitian yang akan dilakukan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema kegiatan yang akan dikerjakan

3.4. Metode Pelaksanaan

C. Tahun Ketiga

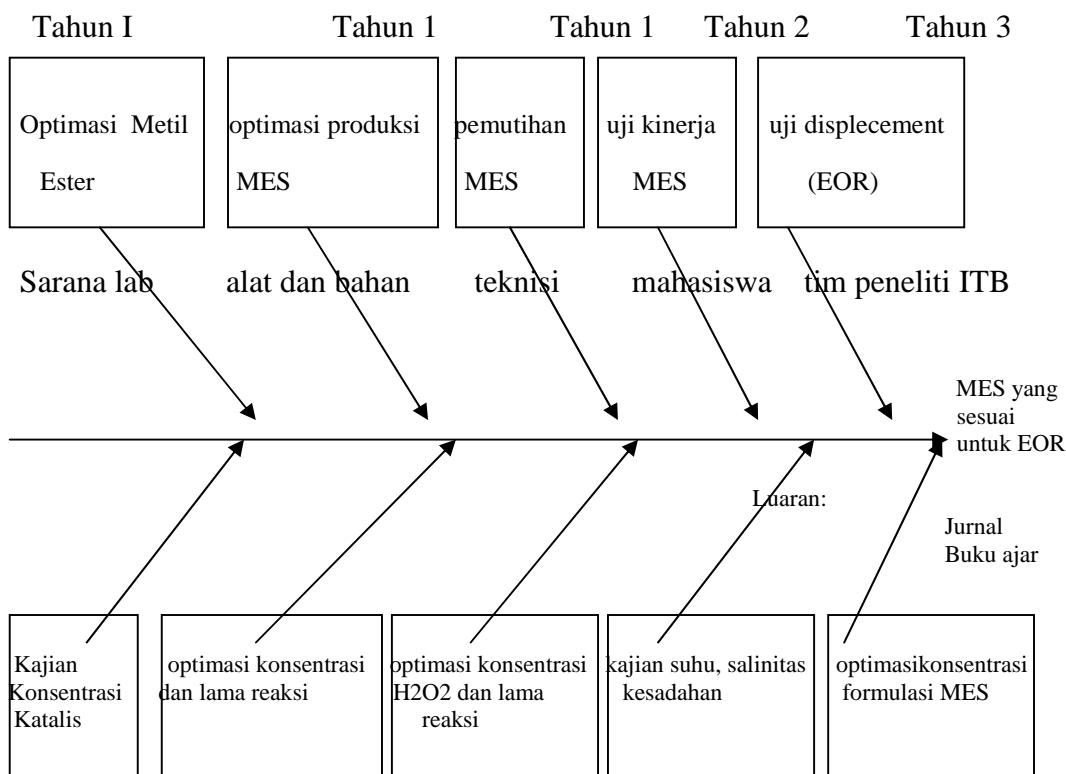
Konsentrasi surfaktan sangat berpengaruh pada recovery minyak bumi dan adsorpsi pada batuan terutama batuan yang mengandung kapur. Diperlukan penambahan jenis surfaktan nonionic yang membantu proses recovery jika diduga hasil adsorbs batuan sangat tinggi. Metodologi Penelitian Tahun ketiga adalah:

1. Uji kelakuan fasa untuk memperkirakan kelakuan fasa campuran surfaktan, air dan minyak dalam memperkirakan kinerja surfaktan di dalam tabung reaksi.
2. Uji pengaruh konsentrasi MES (0, 0,5, 1, 2 dan 3%) pada pendesakan minyak bumi terhadap perolehan minyak bumi.
3. Uji pengaruh formulasi MES dengan surfaktan nonionic yang lain yaitu MES:nonionic:air dengan komposisi 10:40:50, 20:30:50 dan 30:20:50.

Luaran dan Indikator Tahun ke 3

- a. Luaran Tahun ketiga yaitu jurnal terakreditasi Nasional, buku ajar dan berkembangnya jejaring kerjasama antarpeleliti dan antar lembaga
- b. Indikator: Diperoleh konsentrasi MES dan formulasi yang optimum yang mampu merecovery minyak >50%

Diagram Tulang ikan Bagan Alir Sistematika Kegiatan



3.6 PROSEDUR ANALISIS

1. Tegangan Antar Permukaan Metode DuNouy

Metode penentuan tegangan antarmuka sama dengan pengukuran tegangan permukaan. Untuk pengukuran cairan yang mengandung dua fase yang berbeda, yaitu fase larut dalam air (*aqueous*) dan fase tidak larut dalam air (*nonaqueous*), dilakukan beberapa tahapan. Fase *aqueous* (air) dimasukkan terlebih dahulu ke dalam wadah gelas, kemudian dicelupkan cincin platinum kedalamnya (lingkaran logam tercelup 3 - 5 mm di bawah permukaan cairan), setelah itu secara hati-hati fase *nonaqueous* (xilen) ditambahkan diatas fase *aqueous* sehingga sistem terdiri dari dua lapisan. Kontak antara cincin dan fase *nonaqueous* sebelum pengukuran harus dihindari. Setelah tegangan antarmuka mencapai ekuilibrium, yaitu benar-benar terbentuk dua lapisan terpisah yang sangat jelas, pengukuran dapat dilakukan dengan cara yang sama dengan pengukuran tegangan permukaan. Kemampuan surfaktan dalam menurunkan tegangan antar muka dilakukan pada campuran air dengan xylene (1:1), konsentrasi surfaktan yang ditambahkan adalah 10 persen (dalam campuran xylene-air). Nilai tegangan antar muka antara air dengan xylene setelah ditambahkan surfaktan diukur kembali. Kemudian dibandingkan nilai tegangan antar muka antara sebelum dan sesudah ditambahkan surfaktan.

2. Tegangan Antar Permukaan Metode Spinning Drop

Langkah awal, dibuat pelarut dari air formasi yang mengandung 1% larutan sampel dan dilarutkan ke dalam air hingga dihasilkan larutan surfaktan MES. Setelah itu larutan surfaktan diaduk menggunakan magnetic stirrer sampai homogen. Selanjutnya larutan surfaktan tersebut diukur tegangan antar permukaan minyak-air dengan menggunakan alat *Spinning Drop Interfacial Tensiometer*.

Cara kerja Spinning Drop sebagai berikut : panaskan alat spinning drop, kemudian set pada suhu 40°C (kondisi percobaan) dan periode pada 10,10 msec/rev. Setelah kondisi tersebut stabil, ke dalam glass tube diisikan larutan surfaktan dengan konsentrasi yang telah dibuat. Ke dalam glass tube yang telah berisi larutan surfaktan, diberi tetesan minyak (crude oil). Dalam glass tube tidak boleh ada gelembung udara. Masukkan glass tube ke dalam alat spinning drop, dengan permukaan glass tube menghadap ke arah luar. Hidupkan power dan tombol

lampu. Setiap setengah jam, catat data lebar tetesan dalam tabung dengan memutar drum. Ulangi pembacaan ini sampai didapatkan harga yang konstan dari pembacaan lebar tetesan. Bila pembacaan kurang jelas, fokus lensa dapat diatur.

3. Uji Mikroskop (kualitatif, Screening awal)

Preparasi glass slide hingga bersih, kemudian buat jalur kapiler dan isi dengan air ditambah minyak mentah. Injeksikan larutan surfaktan ke dalam jalur kapiler itu dan amati di bawah mikroskop. Bila minyak terbawa arus larutan surfaktan dan terlihat pembentukan filamen-filamen dalam arus itu maka secara kualitatif bagus.

4. Uji Core Displacement

Dilakukan pengujian pendesakan residual oil dengan laju injeksi (kecepatan aliran) kurang dari 0,02 cm/menit pada berbagai temperatur. Perolehan minyak (recovery) dicatat. Kemudian dilakukan uji adsorpsi dengan cara core sample dijenuhi dengan air garam. Injeksikan larutan surfaktan ke dalam core itu dan catat konsentrasi surfaktan yang diinjeksikan dan juga yang keluar melalui core, sebagai fungsi dari waktu. Laju injeksi perlu sangat rendah dan pada temperatur reservoir. Bila adsorpsinya tinggi, gunakan core sample yang lain (dari induk yang sama) dan lakukan preflush terlebih dahulu dengan *sacrificial agent* (sodium silicate dengan $\text{pH} > 10$) sebelum injeksi larutan surfaktan.

5. Tegangan Antar Muka (Metode Du Nouy)

Kemampuan surfaktan dalam menurunkan tegangan antar muka dilakukan pada campuran air dengan xylene (1:1), diukur menggunakan Tensiometer du Nouy. Konsentrasi surfaktan yang ditambahkan adalah 10 persen (dalam campuran xylene-air). Nilai tegangan antara muka antara air dengan xylene setelah ditambahkan surfaktan diukur kembali. Kemudian dibandingkan nilai tegangan antar muka antara sebelum dan sesudah ditambahkan surfaktan.

6. Kestabilan Emulsi (Modifikasi ASTM D1436, 2001)

Kestabilan emulsi diukur antara air dengan xylene. Xylene dengan air dicampur dengan perbandingan 6:4. Campuran tersebut dikocok selama 5 menit menggunakan vortex mixer. Pemisahan emulsi antar xylene dengan air diukur berdasarkan lamanya pemisahan antar fasa. Konsentrasi surfaktan yang ditambahkan adalah 10 persen (dalam campuran xylene-air). Lamanya pemisahan antar fasa sebelum

ditambahkan surfaktan dibandingkan dengan sesudah ditambahkan surfaktan.

7. Berat jenis

Pengukuran berat jenis dilakukan dengan menggunakan piknometer. Piknometer dibersihkan dengan aquades, lalu di masukkan ke dalam oven yang bersuhu 105^oC selama 2 jam. Pengukuran di lakukan pada suhu ruangan 20^oC. Piknometer ditimbang, lalu bahan dimasukkan ke dalam piknometer sampai penuh, lalu ditutup, dan sisa bahan yang keluar dilap dengan tisu. Setelah itu piknometer yang berisi bahan ditimbang. Setelah itu dihitung nilai berat jenis bahan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Berat jenis} = \frac{A - B}{C}$$

Dimana : A = berat piknometer yang berisi bahan

B = berat piknometer kosong

C = kapasitas volume piknometer

9. Pendekatan Minyak Bumi (CLI, 2000; CLI, 2001)

a. Menentukan porositas batuan

Untuk menentukan porositas menggunakan heliun porosimeter. Cara kerjanya adalah sebagai berikut :

Penentuan Dead Volume : Membuka tabung gas helium, semua valve dalam keadaan tertutup kecuali exhaust valve. Bersihkan matric cup dan stell plug, dan tempatkan matric cup dalam tempatnya. Supply valve dibuka kemudian source valve diperiksa jarum dan tepatkan pada angka 100 psi. Kemudian tutup source valve, supply valve dan exhaust valve, kemudian buka core holder. Selanjutnya dilakukan pembacaan tiga kali, dan dirata-ratakan hasilnya. Penyimpangan tersebut merupakan pembacaan dead volume

Penentuan porositas: - Mengukur panjang sample dan dibandingkan dengan steel plug. Panjang sample merupakan volume steel plug out (dilihat dari tabel). Masukkan steel plug yang tidak digunakan ditambah dengan sample yang diukur porositasnya. Kemudian tempatkan matric cup pada tempatnya dan buka source valve kemudian supply valve, tempatkan jarum pada angka 100 psi dengan memutar

regulatornya dan tutup source valve, supply valve dan exhaust valve, kemudian buka core holder valve setelah itu baca penyimpangan jarum penunjuk

b Penentuan Permeabilitas Batuan

Permeameter adalah alat yang digunakan untuk menentukan permeabilitas absolut suatu sample dengan menggunakan gas nitrogen. Alat ini dapat digunakan untuk mengukur permeabilitas tinggi atau rendah, yaitu dengan cara menyetel alat tersebut ke high pressure atau low pressure atau middle water.

Cara kerjanya adalah sebagai berikut : Setelah tabung nitrogen dibuka dan orifice telah dipasang semuanya, alat siap untuk operasi, semua valve dalam keadaan tertutup kecuali source valve. Vacuum valve dibuka dan hidupkan compressor pump dan vacuum pump. Core holder dibuka dan sample yang akan diukur permeabilitasnya dimasukkan dan dilakukan penutupan vacuum valve dan matikan compressor pump. Hassler valve dibuka perlahan-lahan sampai manometer menunjukkan angka 200 psi dan diutup lagi setelah tekanan pada 200 psi. Orifice dibuka dan dimulai yang terbesar, tutup vent valve orifice sambil memperhatikan kenaikan airnya. Apabila valve ini terpasang pada low pressure dan air sudah cukup tinggi, maka tinggal membaca pada skala yang telah ditunjukkan oleh air tersebut. Level dari mercury diatur dengan mercury regulator supaya levelnya tetap pada skala 60 mmHg, yang dinyatakan dalam tabel sebagai C. Hidupkan compressor vacuum dan keluarkan sample dari core holder.

Rumus yang digunakan untuk menentukan permeabilitas adalah sebagai berikut

$$K_a = \frac{w_x W_x C_x L^2}{BV_x 200} \times \text{koreksi alat} \dots\dots\dots(3-1)$$

dimana :

- Ka = permeabilitas, mD
- L = panjang sample, cm
- W = water reading
- C = mercury reading
- BV = bulk volume
- 200 = konstanta
- 1.07 = koreksi alat

10. Pendesakian minyak bumi dengan metode water flooding dan surfactant flooding. Langkah awal adalah: Penjenuhan core, Flushing air formasi dan crude oil, Water flooding dan Surfactant flooding

a. Penjenuhan Core

Cara kerjanya adalah sebagai berikut : Core kering ditimbang dan masukkan core ke dalam beaker glass, tuangkan air formasi ke dalam beaker glass sampai core terendam semua. Masukkan ke dalam desikator dan hidupkan vacum pump, core yang berada dalam desikator divakumkan selama 24 jam atau lebih. Setelah itu timbang core dalam keadaan basah dan diharapkan vacum 100 %

b. Flushing Air Formasi dan Crude Oil

Cara kerjanya adalah sebagai berikut : Tabung A diisi dan double acting pump dan Isi tabung B dengan air formasi, penuh tabung tersebut dengan ondine hingga tidak ada gelembung udara didalamnya. Core dimasukkan ke dalam core holder unit, pasang saringan pada kedua ujungnya dan diberikan tekanan sebesar over burden 15 bar dengan mengatur regulator N_2 (line 1). Hubungkan tabung gas N_2 dengan double acting pump kemudian double acting pump dengan tabung A, atur regulator N_2 sebesar 17 psi (line 2). Lakukan kalibrasi dengan mengatur titik nol, sehingga harga pada digital menunjukkan nol. Tekan tombol tester, untuk tranducer 350 mbar harga kalibrasi 0,2777 ; tranducer 2 bar adalah 1,655 dan tranducer 5 bar 4,15. apabila harga-harga tersebut tidak sesuai maka dapat diatur dengan menggunakan tombol vent. Tempatkan tabung dan penampang cairan dibawah end-stream. Air formasi (brine mencapai 2 PV) ditampung, diharapkan proses flushing dengan air formasi selesai.

c. Penginjeksian Minyak

Caranya adalah: Masukkan core dalam core holder, letakkan vertikal dalam oven, siapkan tabung gas N_2 2 buah dan isi tabung A dan double acting pump dengan ondine. Kemudian isi tabung B dengan ondine (bagian atas) dan brine (bagian bawah). Isi tabung C dengan minyak dan bagian bawah brine dan hubungkan 1 tabung N_2 dengan double acting pump untuk mendorong ondine ke tabung A, dengan melihat angka tekanan petunjuk yang dikehendaki. Setelah itu tabung A dihubungkan dengan tabung B untuk mendorong brine agar dapat keluar/terdorong. Brine yang terdorong tadi dimasukkan ke dalam tabung-tabung C yang kemudian akan terdorong masuk ke dalam core holder (0). Tabung gas N_2

dihubungkan dengan core holder (2) untuk tekanan over burden. Core holder dihubungkan dengan tabung gas ukur untuk menampung cairan hasil injeksi

d. Water flooding

Cara kerjanya hampir sama dengan penginjeksian minyak: tetapi yang diinjeksikan adalah air brine untuk water flooding: Masukkan core dalam core holder, letakkan vertikal dalam oven, siapkan tabung gas N₂ 2 buah dan isi tabung A dan double acting pump dengan ondine. Kemudian isi tabung B dengan ondine (bagian atas) dan brine (bagian bawah). Isi tabung C dengan air brine dan bagian bawah brine dan hubungkan 1 tabung N₂ dengan double acting pump untuk mendorong ondine ke tabung A, dengan melihat angka tekanan petunjuk yang dikehendaki. Setelah itu tabung A dihubungkan dengan tabung B untuk mendorong minyak agar dapat keluar/terdorong. Minyak yang terdorong tadi dimasukkan ke dalam tabung-tabung C yang kemudian akan terdorong masuk ke dalam core holder (0). Tabung gas N₂ dihubungkan dengan core holder (2) untuk tekanan over burden. Core holder dihubungkan dengan tabung gas ukur untuk menampung minyak hasil injeksi

e. Surfactant flooding

Sistem kerja surfactant flooding sama dengan water flooding, perbedaannya pada larutan pendesak. Pada surfactant flooding menggunakan larutan surfaktan MES sedangkan pada water flooding menggunakan larutan pendesak berupa air brine.

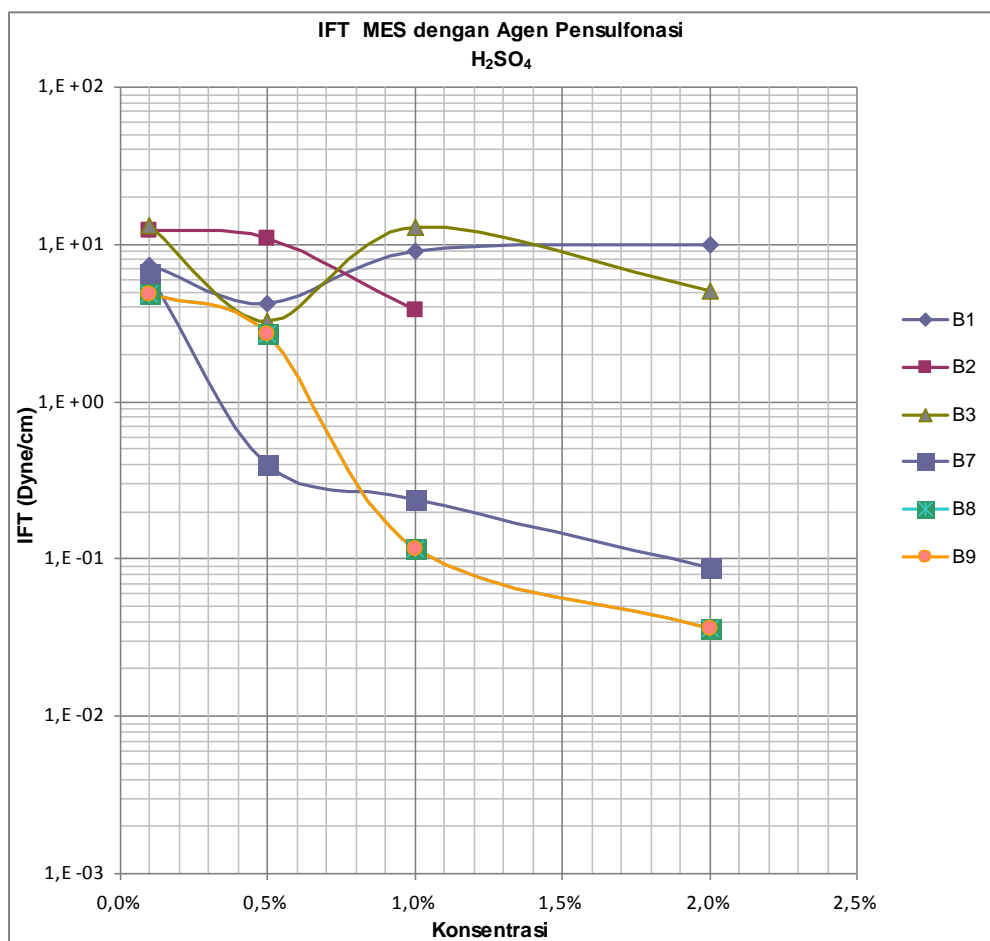
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji Kinerja Surfaktan

Untuk mengetahui kinerja surfaktan MES sebagai *chemical* untuk EOR maka dilakukan beberapa uji kinerja, diantaranya uji kompatibilitas dan pengukuran tegangan antarmuka (IFT=*Interfacial Tension*) sebagai parameter paling awal. Pada uji kompatibilitas diharapkan surfaktan akan larut sempurna dalam air, atau membentuk satu fasa. Sedangkan pada pengukuran IFT, diharapkan surfaktan akan menurunkan tegangan antarmuka antara minyak dan air sampai pada nilai 10^{-3} Dyne/cm.

Untuk keperluan uji kinerja surfaktan, digunakan sampel reservoir minyak dari

lapangan rantau yang merupakan minyak ringan (*ligh oil*) dan air formasi sintetik dengan kadar garam 10000 ppm.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi MES terhadap IFT

Nilai IFT yang dihasilkan pada perlakuan MES dengan konsentrasi H_2SO_4 80% dan lama reaksi sulfonasi 90 menit dihasilkan IFT sebesar 0,0361 dyne/cm. Tujuan dari EOR adalah meningkatkan perolehan minyak dengan mengubah sifat fisik batuan/fluida agar minyak sisa yang terperangkap dalam pori-pori batuan reservoir dapat dialirkan ke permukaan (Siregar *et al.*, 1999). Penurunan tekanan di dalam reservoir, viskositas yang meningkat dan besarnya tegangan antar muka menyebabkan minyak sulit untuk keluar dari pori-pori batuan. Surfaktan yang diinjeksikan ke dalam reservoir minyak bumi (*surfactant flooding*) akan menurunkan tegangan antar muka (IFT) minyak air yang kemudian akan mengurangi tekanan kapiler pada daerah penyempitan pori-pori sehingga minyak yang tertinggal sesudah proses *water flooding* dapat diproduksi.

Untuk menurunkan bilangan kapiler diperlukan penurunan IFT dari nilai normal IFT minyak/air 30 dyne/cm menjadi 10^{-2} dyne/cm.

2. Uji kelakuan fasa untuk memperkirakan kelakuan fasa campuran surfaktan, air dan minyak dalam memperkirakan kinerja surfaktan di dalam tabung reaksi.

a. Penambahan pelarut

Formulasi ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi pelarut, dalam hal ini diambil konsentrasi 25%, 50% dan 75% dan jenis pelarut, yaitu EGBE dan etanol. Berikut ini hasil formulasi dengan penambahan pelarut.

Tabel 1 Formulasi Surfaktan dengan Penambahan Pelarut

N0	Perlakuan	Konsentrasi MES (%)	EGBE (%)	Alkohol (%)
1	F2	100	0	0
2	F2g25	75	25	0
3	F2g50	50	50	0
4	F2g75	25	75	0
5	F2e50	50	0	50

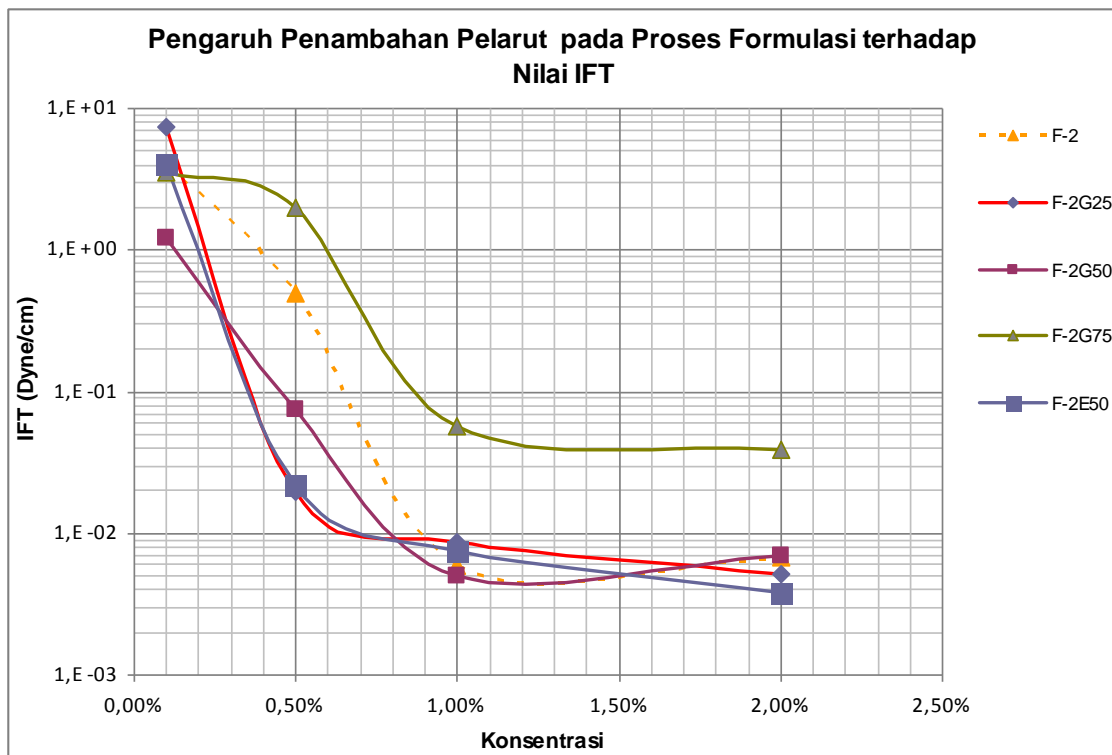
Penambahan jenis pelarut (EGBE, Etanol dan air) pada surfaktan dengan konsentrasi yang berbeda tidak terlalu mempengaruhi kelarutan surfaktan dalam air formasi. Contoh larutan surfaktan yang sudah ditambah dengan pelarut EGBE (Gambar 3 dan 4) demikian juga terhadap nilai penurunan IFT (Gambar 5).



Gambar 3. Uji Kompatibilitas Surfaktan sebelum diformulasikan dengan pelarut



Gambar 4. Uji Kompatibilitas Surfaktan setelah diformulasikan dengan pelarut



Gambar 5. IFT Surfaktan MES dengan pelarut yang berbeda

2. Uji pengaruh konsentrasi MES terhadap perolehan minyak

a. Uji batuan

Sebelum dilakukan pengujian terhadap kinerja surfaktan, hal yang perlu dilakukan adalah menguji sifat fisik dari core atau batuan yang akan digunakan. Hasil analisis menggunakan empat jenis core dengan sifat fisik dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 2. Hasil analisis core yang digunakan

CORE	Surfactant %	Length			Average Length (cm)
		I	II	III	
PP 03	1,0	4,365	4,380	4,375	4,373
PP 04	0,5	4,145	4,135	4,160	4,147
PP 07	2,0	2,950	2,975	2,990	2,972
PP 08	3,0	4,295	4,270	4,270	4,278

Diameter			Average Diameter	Porosity
I	II	III	(cm)	(%)
2,645	2,680	2,670	2,665	20,487
2,630	2,650	2,655	2,645	23,763
2,660	2,655	2,660	2,658	23,537
2,650	2,645	2,645	2,647	20,739

Permeability	Weight BS	Weight AS	Vol Brine	Output I
(mD)	(gr)	(gr)	(ml)	OOIP (ml)
788,376	51,380	56,130	4,668	2,200
2065,450	45,470	50,590	5,032	2,900
1277,819	33,480	36,980	3,440	1,900
966,229	49,200	54,040	4,757	2,700

CORE	Vbulk	Vpori	Wwet
	ml	ml	gram
PP 03	24,395	5,00	56,47
PP 04	22,785	5,41	50,98
PP 07	16,493	3,88	37,43
PP 08	23,538	4,88	54,17

Dari natural core yang ada, kita melakukan coring dengan data properties sebagai berikut:

Tabel 3. Data properties core/batuan yang digunakan

CORE	Length		
	I	II	III
PP 03	4,365	4,380	4,375
PP 04	4,145	4,135	4,160
PP 07	2,950	2,975	2,990
PP 08	4,295	4,270	4,270

Average Length	Diameter			Average Diameter
	I	II	III	(cm)
(cm)				

4,373	2,645	2,680	2,670	2,665
4,147	2,630	2,650	2,655	2,645
2,972	2,660	2,655	2,660	2,658
4,278	2,650	2,645	2,645	2,647

Kemudian dilakukan pengukuran Porositas (%) dan permeabilitas (mD) masing - masing core:

Tabel 4. Hasil pengujian porositas dan permeabilitas core/batuan yang digunakan

cORE	Porosity	Permeability
	(%)	(mD)
PP 03	20,487	788,376
PP 04	23,763	2065,450
PP 07	23,537	1277,819
PP 08	20,739	966,229

CORE	Vbulk	Vpori
	ml	ml
PP 03	24,395	4,998
PP 04	22,785	5,414
PP 07	16,493	3,882
PP 08	23,538	4,881

Setelah melakukan water saturation didapatkan data sbb:

Tabel 5. Hasil uji injection oil awal

CORE	Weight BS	Weight AS	Vol Brine
	(gr)	(gr)	(ml)
PP 03	51,380	56,130	4,668
PP 04	45,470	50,590	5,032
PP 07	33,480	36,980	3,440
PP 08	49,200	54,040	4,757

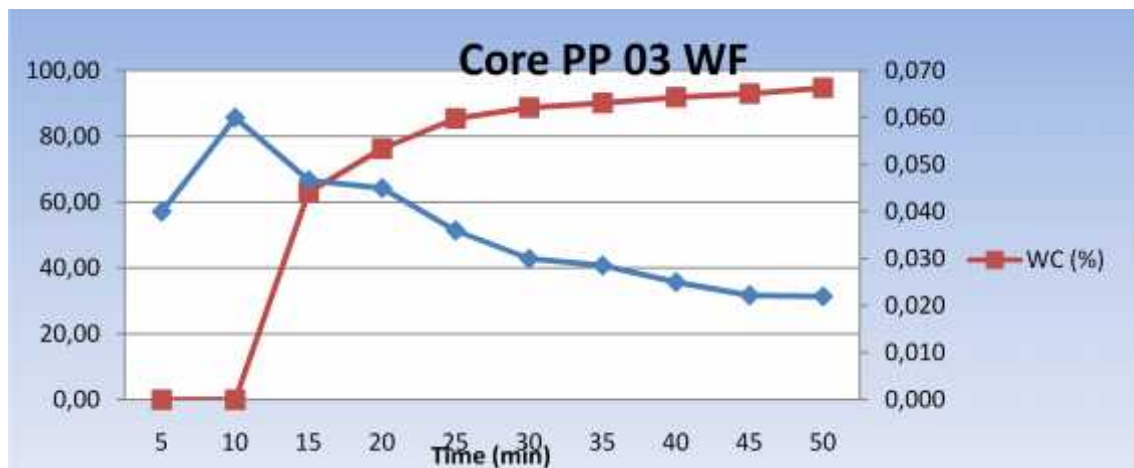
III Oil Injection

CORE	Output
	OOIP (ml)
PP 03	2,200
PP 04	2,900

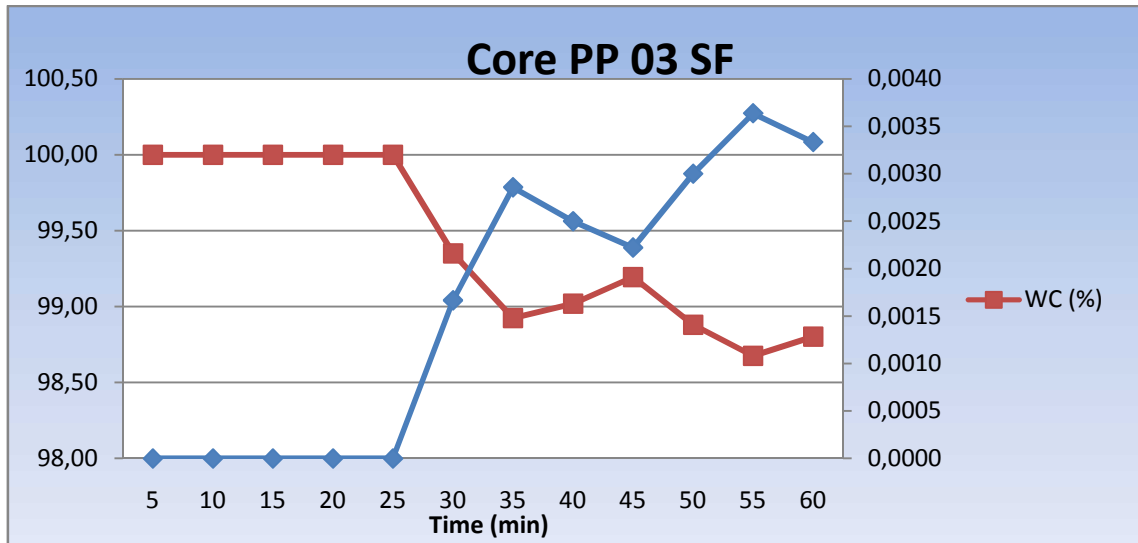
PP 07	1,900
PP 08	2,700

Pengujian Waterflooding

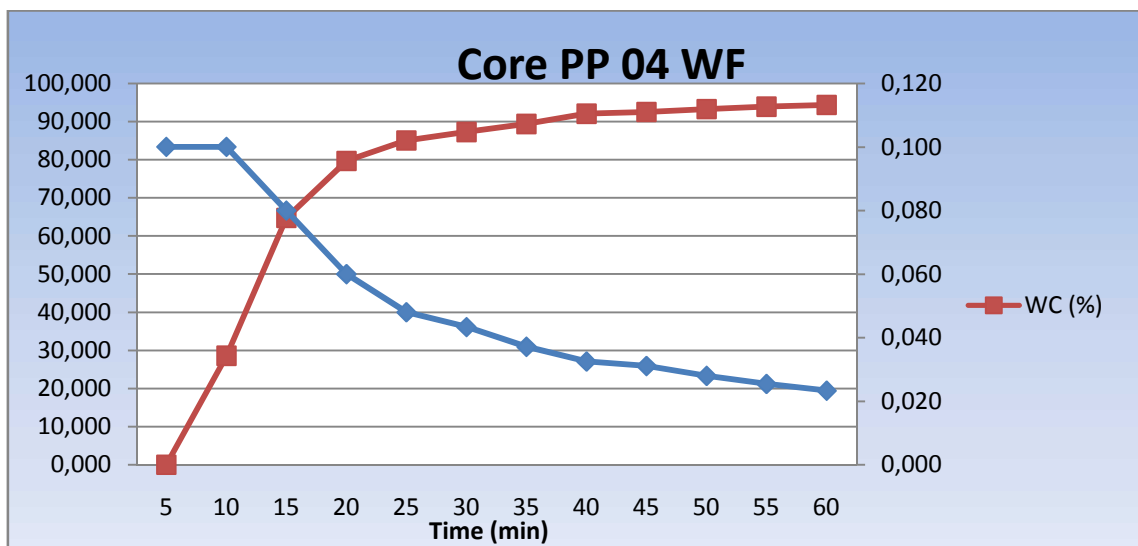
Setelah itu dilakukan pengujian penginjeksian water flooding dengan lama waktu injeksi terhadap watercut dengan hasil seperti tertera pada Gambar 6, 7, 8, 9, 10, 11). Penginjeksian dengan menggunakan water flooding dilakukan sebagai representasi EOR sekunder yaitu setelah minyak dilakukan pengambilan secara primer. Setelah water flooding kemudian dilakukan surfactant flooding untuk mengambil sisa minyak yang terjatuh didalam pori-pori batuan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama waktu hasil perolehan minyak semakin kecil dan watercut yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini terjadi pada core 3, 4 dan 7 dan 8 WF tetapi menjadi berbanding terbalik dimana perolehan minyak semakin meningkat dengan berjalannya waktu tetapi watercut terjadi penurunan. Hal ini terjadi pada core 3 SF (Surfactant flooding), 4 SF dan 8 SF.



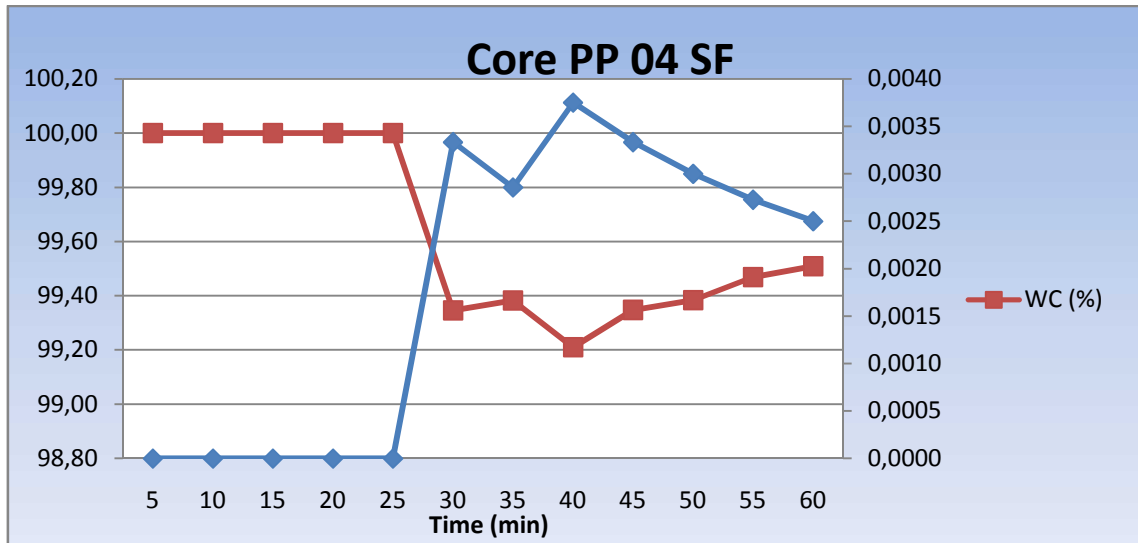
Gambar 6. Hubungan lama waktu terhadap water cut dan perolehan minyak pada core 03 dengan menggunakan water flooding



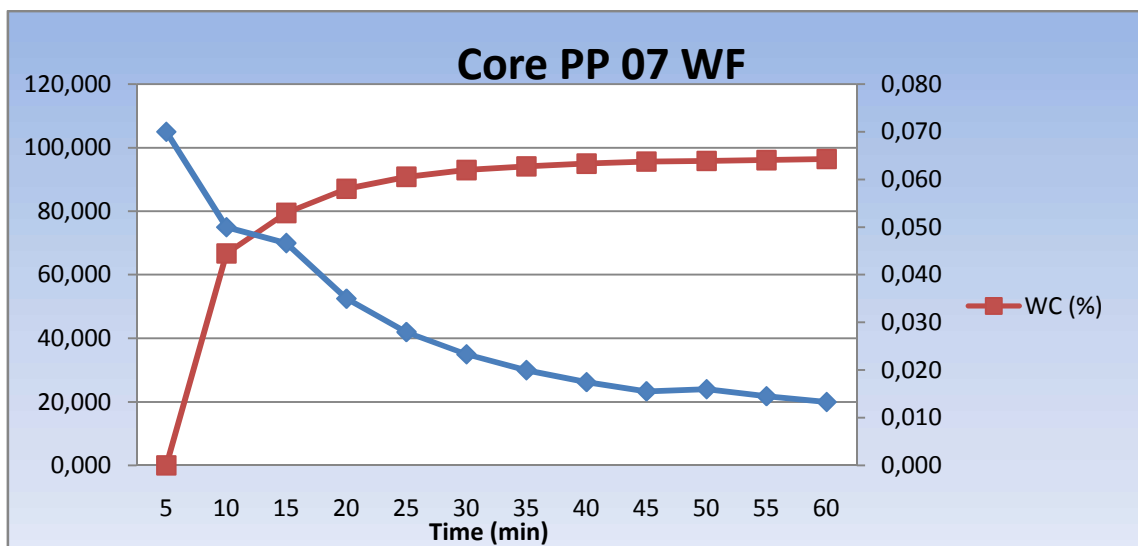
Gambar 7. Hubungan lama waktu terhadap water cut dan perolehan minyak pada core 03 dengan menggunakan surfactant flooding



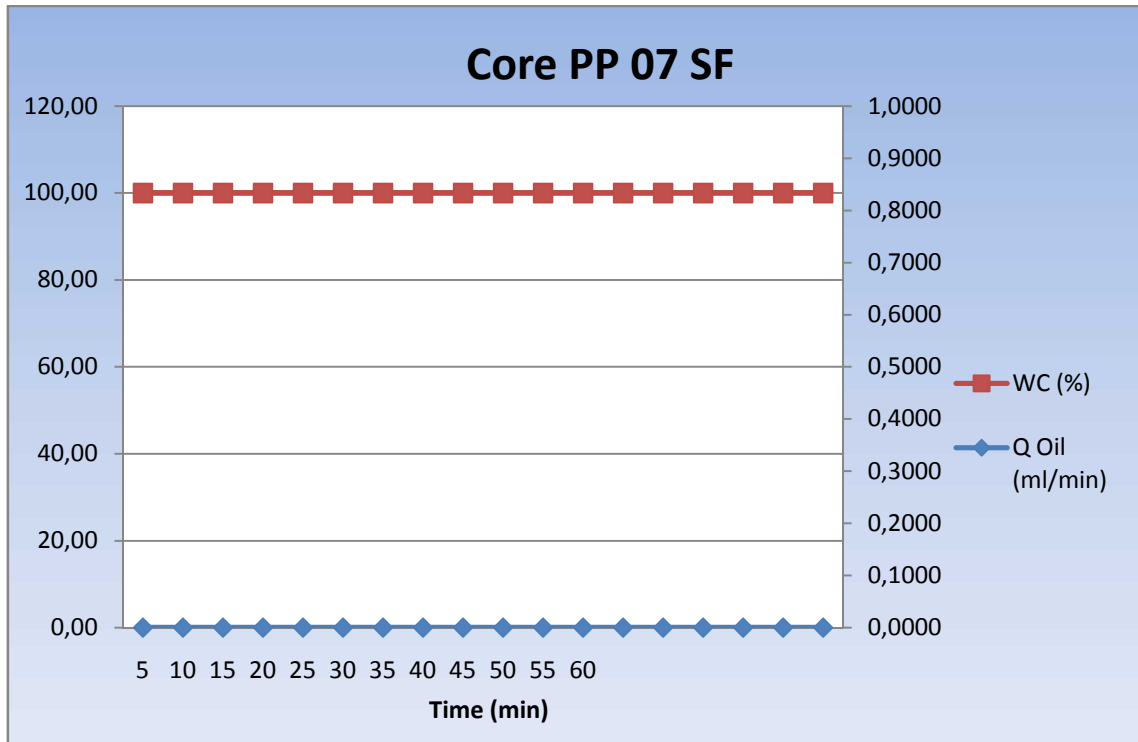
Gambar 8. Hubungan lama waktu terhadap water cut dan perolehan minyak pada core 04 dengan menggunakan awater flooding



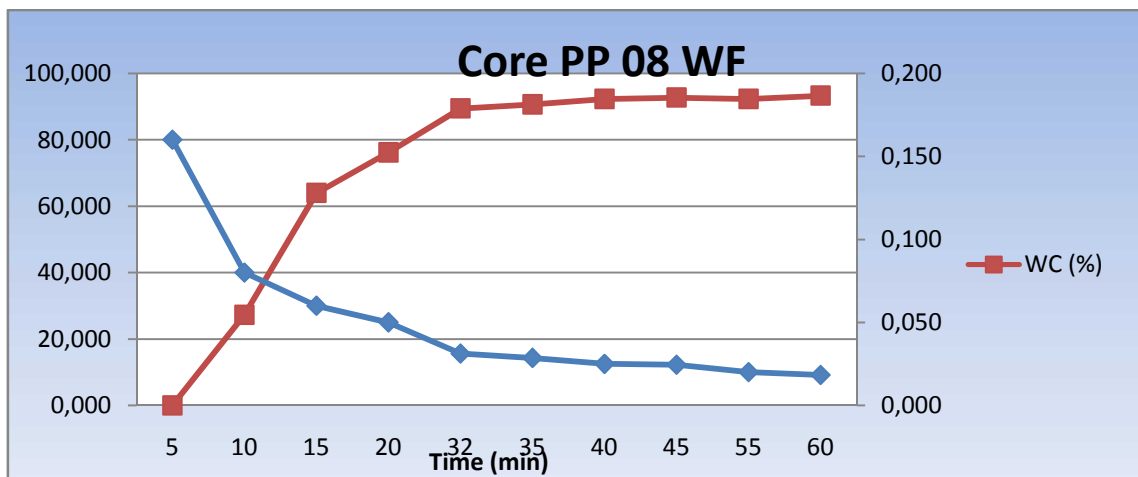
Gambar 9. Hubungan lama waktu terhadap water cut dan perolehan minyak pada core 04 dengan menggunakan surfactant flooding



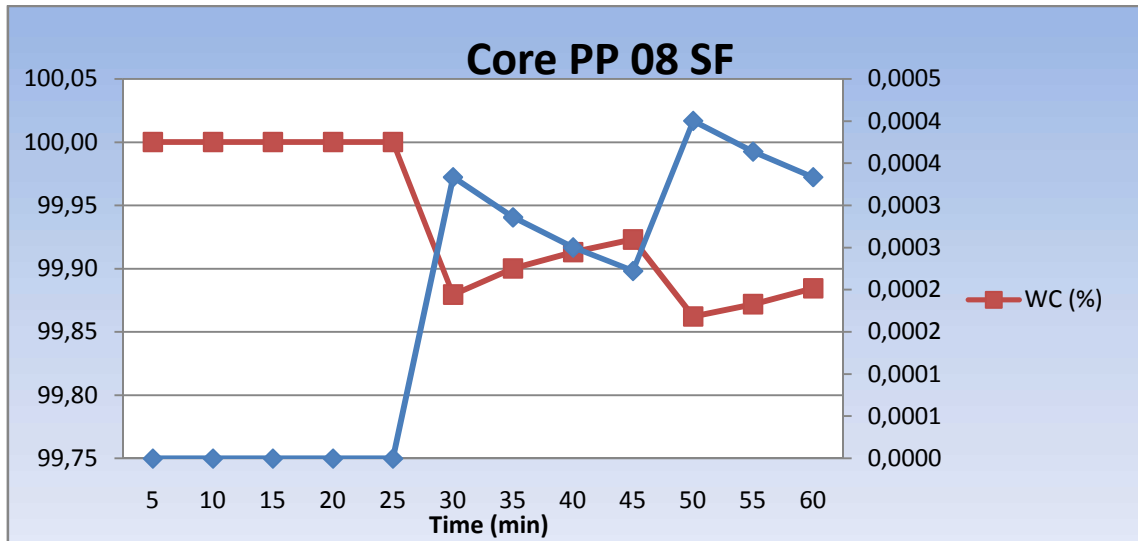
Gambar 10. Hubungan lama waktu terhadap water cut dan perolehan minyak pada core 07 dengan menggunakan water flooding



Gambar 11. Hubungan lama waktu terhadap water cut dan perolehan minyak pada core 07 dengan menggunakan surfactant flooding



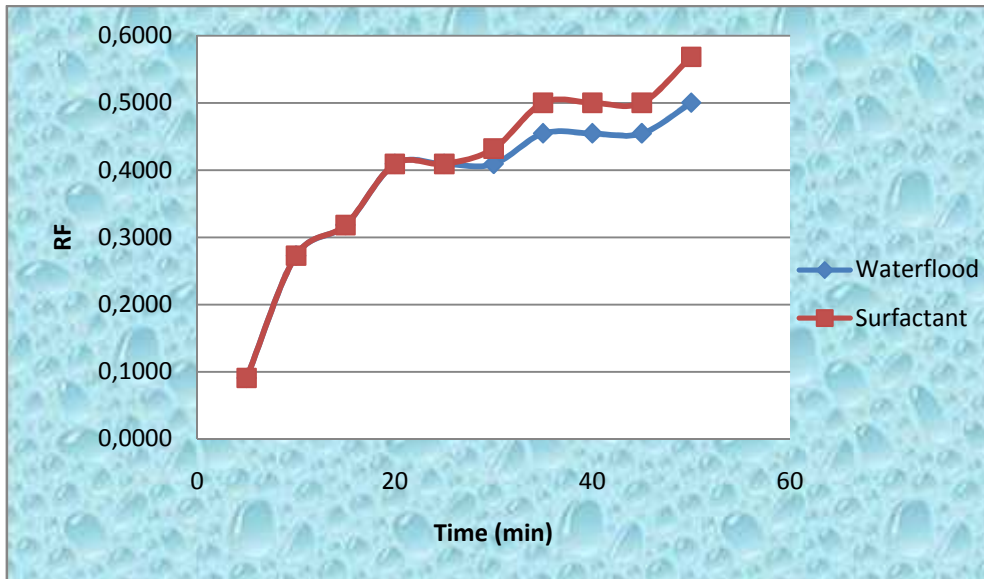
Gambar 12. Hubungan lama waktu terhadap water cut dan perolehan minyak pada core 08 dengan menggunakan water flooding



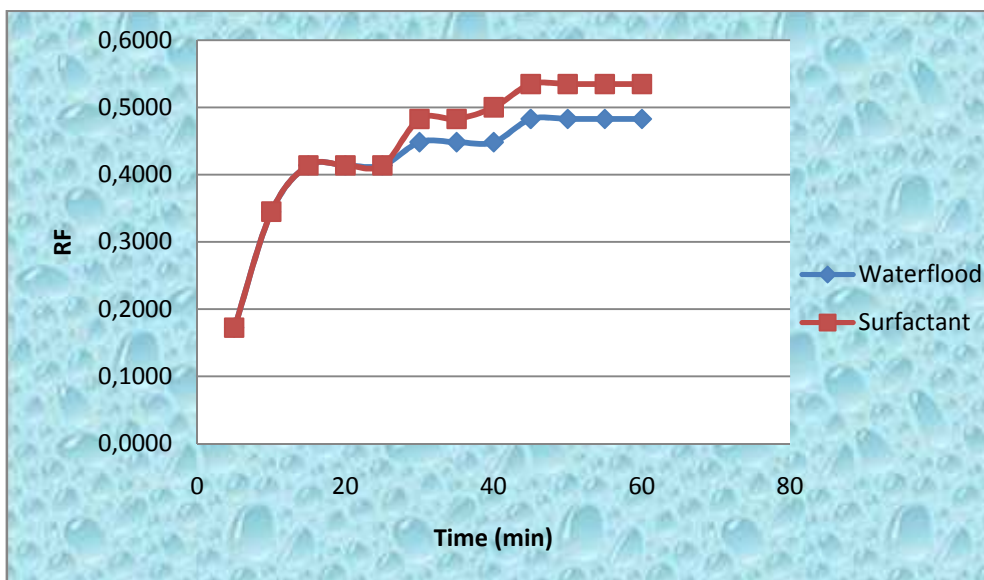
Gambar 13. Hubungan lama waktu terhadap water cut dan perolehan minyak pada core 08 dengan menggunakan surfactant flooding

Uji Surfactant Flooding

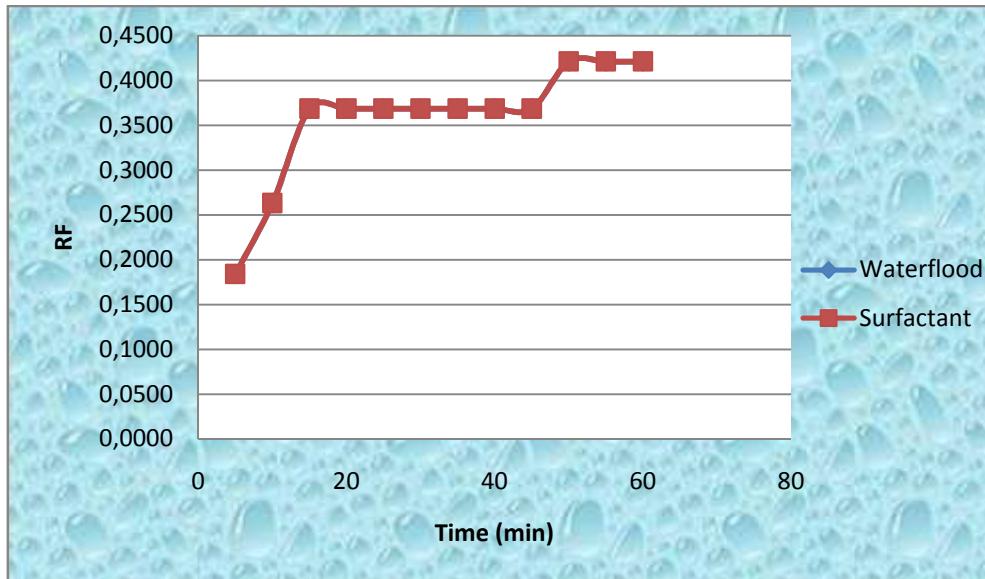
Hasil uji surfactant flooding dilakukan setelah melalui waterflood atau pendesakan dengan menggunakan air formasi. Hasil uji menunjukkan bahwa semakin lama waktu maka perolehan minyak (recovery) akan semakin meningkat. Penggunaan surfaktan pada core 3 dengan konsentrasi surfaktan sebesar 1% menghasilkan recovery pada waterflood sebesar 59% dan surfactant flooding sekitar 50% (Gambar 14). Pada konsentrasi surfaktan 0,5% dengan menggunakan core 4 terlihat semakin lama proses injeksi sampai 40 menit akan meningkatkan hasil recovery dengan water flooding sebesar 55% dan surfactant flooding sebesar 47% (Gambar 15). Untuk penggunaan konsentrasi surfaktan sebesar 2% pada core 7 ternyata water flooding tidak menghasilkan recovery. Artinya minyak terperembab didalam pori batuan tidak bisa didesak keluar hanya dengan air formasi, tetapi dengan penambahan surfactant flooding akhirnya mampu mendesak minyak dengan nilai recovery sebesar 45% (Gambar 16). Pada penggunaan surfaktan sebesar 3% pada jenis batuan dengan kode core 8 diperoleh nilai recovery pada water flooding sebesar 38% dan surfactant flooding sebesar 40% dimana peningkatan terjadi sampai batas menit ke 40 (Gambar 17).



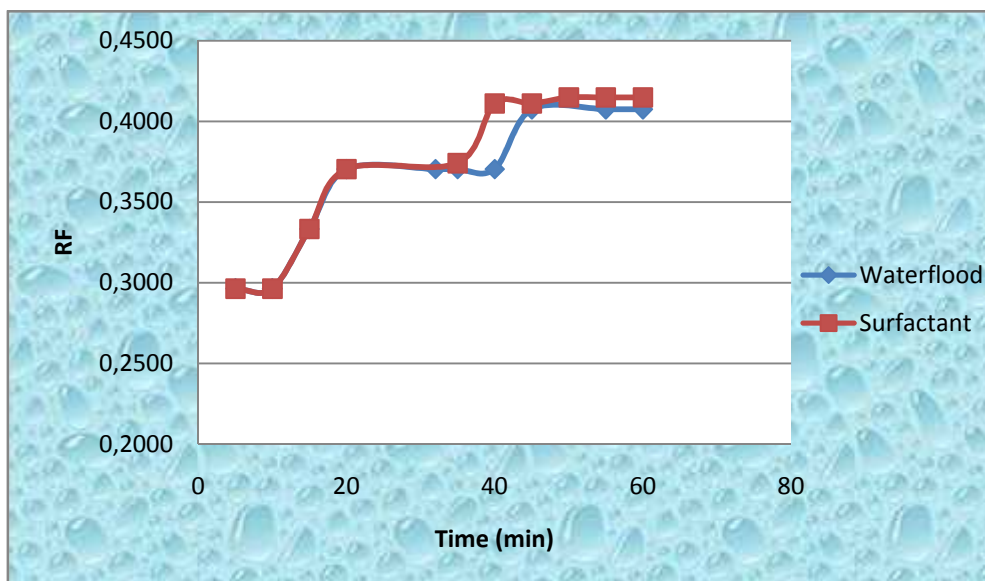
Gambar 14. Hasil recovery minyak pada waterflooding dan surfactant flooding menggunakan core 3



Gambar 15. Hasil recovery minyak pada waterflooding dan surfactant flooding menggunakan core 4



Gambar 16. Hasil recovery minyak pada waterflooding dan surfactant flooding menggunakan core 7

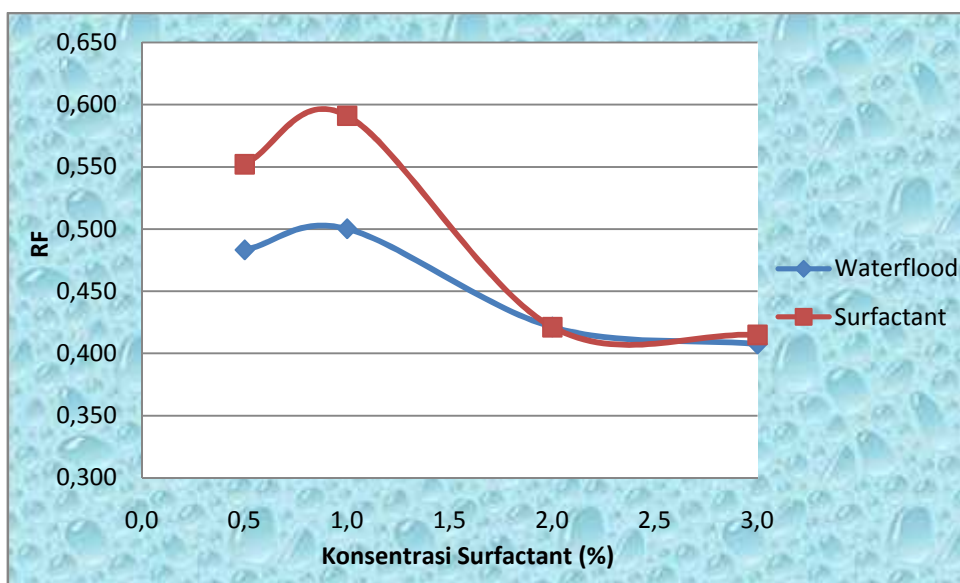


Gambar 17. Hasil recovery minyak pada waterflooding dan surfactant flooding menggunakan core 8

Hasil uji menunjukkan bahwa selain recovery dipengaruhi oleh lama waktu injeksi, juga dipengaruhi oleh permeabilitas dan porositas batuan, juga oleh kondisi kation di dalam batuan. Konsentrasi juga berpengaruh terhadap perolehan hasil recovery. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi surfaktan dari 0,5 sampai 3% menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi surfaktan akan menurunkan kemampuan untuk merecovery minyak. Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi

surfaktan sebesar 1% dengan nilai recovery surfactant sebesar 59% dan total keseluruhan hasil flooding dengan water flooding (Gambar 18)

CORE	Konsentrasi Surf	RF	
	%	Waterflood	Surfactant
PP 04	0,5	0,483	0,552
PP 03	1,0	0,500	0,591
PP 07	2,0	0,421	0,421
PP 08	3,0	0,407	0,415



Gambar 18. Pengaruh konsentrasi surfaktan terhadap hasil recovery minyak

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi surfaktan dari 0,5 sampai 3% menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi surfaktan akan menurunkan kemampuan untuk merecovery minyak. Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi surfaktan sebesar 1% dengan nilai recovery surfactant sebesar 59% dan total keseluruhan hasil flooding dengan water flooding dengan menggunakan core yang memiliki permeabilitas 788,37 mD dan porositas 20,487%.

DAFTAR PUSTAKA

Abdu, S., E. Noor, dan E. Hambali. 2006. Kajian Proses Produksi Surfaktan MES dari

Minyak Inti Sawit dengan menggunakan Reaktan H_2SO_4 . Kementerian Negara Riset dan Teknologi RI Institut Pertanian Bogor. 80 hlm.

- Afrizal. 2007. Biofuel masih menjanjikan. <http://piiriau.wordpress.com/>. Diunduh pada tanggal 20 maret 2010.
- Alban, N dan J. Gabbito. 2003. Surfactant-polymer Interaction in Enhanced Oil Recovery. Chemical Engineering Departement, Praire View A & M University.
- AOAC. 1995. Official Methode on Analysis od the Association of Official Analitical Chemist. AOAC, Washington.
- ASTM. 2001. Annual Book of ASTM Standards: Soap and Other Detergents, Polishes, Leather, Resilient Floor Covering, Baltimore USA.
- Ashayer-Soltani, R. 1999. Surfactant Phase Behaviour in Relation to Oil Recovery [Disertasi]. Imperial College, London.
- Baker, J. 1995. Process for Making Sulfonated Fatty Acid Alkyl Ester Surfactant. US Patent No. 5.475.134.
- Baviere, M, P.Glenat, N. Plaz Janet dan J. Labrod. 1992. SPE Reservoir Engineering
- Bernardini, E. 1983. Vegetable Oils and Fats Processing. Volume II. Interstampa, Rome.
- Foster, N.C. 1996. *Sulfonation and Sulfation Processes. In : Soap and Detergents : A Theoretical and Practical Review*. Spitz, L. (Ed). AOCS Press, Champaign, Illinois.
- Gardener, J.E dan M.E Hayes. 1983. Spining Drop Interfacial Tensiometer Instruction Manual. Departement of Chemistry, University of Texas, Texas.
- Gilje, E, L Sonesson, P.E Holberg dan S. Svennberg. 1992. Norwegian Patent, 170411 and 17097.
- Gomaa, E. 2003. Enhanced Oil Recovery : Modern Management Approach Paper for IATMI. IWPL/Migas Conference, Surakarta.
- Hadisubroto, K. 2005. Strategi Pengembangan Industri Surfaktan di Indonesia. Seminar Pengembangan industri Surfaktan Berbasis Sawit di Indonesia, jakarta, 12 Agustus 2005.
- Hapsari, M. 2003. Kajian Pengaruh Suhu dan Kecepatan Pengadukan pada Proses Produksi Surfaktan dari metil Ester Minyak Sawit Inti dengan Proses Sulfonasi. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.

- Hidayati, S. 2006. Perancangan Proses Produksi Metil Ester Sulfonat dari Minyak Sawit dan Uji Efektivitasnya pada Pendesakan Minyak Bumi. (Disertasi). Bogor: Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Hidayati, S, A. Suryani, P. Permadi, E.Hambali, K. Syamsu dan Sukardi. 2006. Optimasi Proses Pembuatan Metil Ester Sulfonat dari Minyak Inti Sawit. *Jurnal Teknik Industri*, Volume 15, No. 3 (96-101).
- Hidayat, S, P. Permadi dan Illim. 2009. Kajian Proses pembuatan MES dari Minyak Jarak pagar dan CPO dari Sawit serta Uji Efektivitasnya untuk Pendesakan Minyak Bumi. Laporan Penelitian Hibah Bersaing.
- Hidayati, S dan P. Permadi. 2010. Karakteristik Gugus Sulfonat dan perubahan Komposisi Metil Ester akibat Kerusakan Panas pada MES dari Sawit dan Jarak pagar. Laporan Penelitian Fundamental Dikti.
- Hu, P.C dan M.E. Tuvell. 1988. A Mechanistic Approach to the Thermal Degradation of Olefin Sulfonates. *JAOCS*. Vol. 65, No. 6.
- Hu, P.C dan M.E. Tuvell. 1988. Effect of Water Hardness Ions on the Solution Properties of an Anionic Surfactant. *JAOCS*. Volume 65, No. 8.
- Iglauer, S, Y. Wu, P.J Shuler, M. Bianco, Y. Tang dan W.A Goddard. 2001. Alkyl Polyglycoside Surfactant for Improved Oil Recovery. *SPE Journal*, No. 89472:1-12.
- Kumar, R dan S.G.T Bhat. 1987. Studies on Surface Activity of Linear Alkylbenzene Sulfonates II: Effect of Water Hardness. *JAOCS*, Vo. 64 No. 4.
- MacArthur, B.W, B Brooks, W.B Sheats dan N.C Foster. 1998. Meeting the Challenge of Methyl Ester Sulfonation. [terhubung berkala]. <http://www.chemithon.com> [20 Agustus 2002].
- Mahardika, A.D. 2003. Kajian Pengaruh Rasio Mol Reaktan dan Lama Reaksi pada Proses Produksi Surfaktan Metil Ester Sulfonat. [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor.
- Makmur, T dan R. Suddibyo. 1998. Penggunaan Surfaktan dan Co-Surfaktan Terhadap Peningkatan Perolehan Minyak. Di dalam: *Prosiding Diskusi Ilmiah VII Hasil Penelitian Lemgas*. Jakarta. Hlm 163-173.
- Nugroho, R. 2010. Biodiesel. [terhubung berkala]. <http://www.rbsindonesia.com/pdf/biodiesel.pdf> [8 Maret 2010].
- Particle Engineering Research Center. 2005. *Surfactants*. Univ of Florida. www.unmc.edu/pharmacy/wwwcourse/p_surfactants_00_files/p_surfactants.ppt [20 November 2005]
- Paul, B.K dan S.P Moulik. 2001. Uses and Applications of Microemulsions. *Current*

Science, Volume 80, No. 8.

Pore, J. 1993. Oil and Fat Manual. New York: Intercept Ltd.

Pithapurwala, Y.K, A.K Sharma dan D.O Shah. 1986. Effect of Salinity and Alcohol Partitioning on Phase Behavior and Oil Displacement Efficiency in Surfactant-Polymer Flooding. JAOCS Vol. 63, No. 6.

Prihandaka, R, R Hendroko dan M Nuramin. 2007. Menghasilkan Biodiesel Murah mengatasi Polusi dan kelangkaan BBM. Penerbit Agro Media Pustaka, Jakarta. 128 hlm.

Rivai, M. 2004. Kajian Pengaruh Nisbah Reaktan H₂SO₄ dan Lama Reaksi Sulfonasi terhadap Kinerja Surfaktan Metil Ester Sulfonat (MES) yang dihasilkan. (Thesis). Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Rivai, M., T.T Irawadi, .A Suryani dan D. Setyaningsih. Perbaikan Proses Produksi Surfaktan Metil Ester Sulfonat Dan Formulasinya Untuk Aplikasi Enhanced Oil Recovery (Eor). J. Tek. Ind. Pert. Vol. 21 (1), 41-49

Ruckenstein, E dan C.J Chi. 1975. Journal Chem. Soc. Faraday Trans 2(2): 1690-1707.

Sadi, S. 1994. Gliserolisis minyak sawit dan inti sawit dengan piridin. *Buletin PPKS*. Vol. 2 (3) : 155 – 164.

Salager , J.L. 2002. Surfactants types and uses. Los Andes: Laboratory of Formulation, Interfaces Rheology and Processes.

Sampath, R, L.T. Moeti, M.J. Pitts dan D.H Smith. 2003. Characterization of Surfactant for Enhanced Oil Recovery. Departement of Engineering, Clark Atlanta University, Atlanta.

Schramm, L.L., E.N. Stasiuk, H. Yarranton, B.B. Maini. dan B. Shelfantook. 2002. *Temperature Effects in the Conditioning and Flotation of Bitumen from Oil Sands in Terms of Oil Recovery and Physical Properties*. Petroleum Society-Canadian Institute Of Mining, Metallurgy & Petroleum. Paper 2002-074. www.ucalgary.ca/~schramm/CIPC_2002_074.pdf [15 Maret 2006]

Sheats, W.B dan B.W Mac Arthur. 2002. Methyl Ester Sulfonate Products. [terhubung berkala]. <http://www.chemithon.com> [26 Februari 2003].

Sidjabat, O. 2003. Pembuatan Biodiesel dari Minyak CPO parit. Buletin lemigas.

Sherry, A.E., B.E. Chapman, M.T. Creedon, J.M. Jordan, dan R.L. Moese. 1995. Nonbleach Process for the Purification of Palm C16-18 Methyl Ester Sulfonates. J. Am. Oil Chem. Soc. 72 (7) : 835-841.

- Siregar, S, P. Mardisewojo, dan H.B Sulistyarso. 1999. Pengamatan Laboratorium Tentang Pengaruh Mikroorganisme terhadap Viskositas Minyak dan Tegangan Antarmuka Minyak-air sebagai Prospek Pemakaian dalam Enhanced Oil Recovery. *Journal of Mineral Technology*, Vol. VI, No. 4.
- Sugiyono, A. 2010. Peluang Pemanfaatan Biodiesel dari Kelapa sawit Sebagai Bahan bakar Alternatif pengganti Minyak Solar di Indonesia. [terhubung berkala]. <http://www.geocities.com/market-bppt/publish/biofbbm/bisugi.pdf>. [23 April 2010].
- Suarna, E. 2010. Analisis Pemanfaatan Biodiesel terhadap Sistem Penyediaan Energi. [terhubung berkala]. <http://www.geocities.org/market-bppt/publish/plthd/plsuar.pdf> [23 April 2010].
- Suryani, A, E. Hambali, K. Syamsu, M. Rivai dan P Suryadarma. 2005. Penelitian Pengembangan Produk Surfaktan Berbasis Sawit di Indonesia. Di dalam: *Seminar Peluang Pengembangan Industri Surfaktan Berbasis Sawit di Indonesia*, Jakarta 21 Agustus 2005.
- Taber JJ, Martin FD, Seright RS. 1997. EOR Screening Criteria Revisited Part I: Introduction to Screening Criteria and Enhanced Oil Recovery Field Project. SPE Reservoir Engineering Paper, Mexico,
- Watkins, C. 2001. All Eyes are on Texas. *INFORM 12* : 1152-1159. [terhubung berkala]. Diakses 18 Agustus 2010. <http://www.chemithon.com>
- Widyastuti, L. 2007. Reaksi Metanolisis Minyak Jarak Pagar menjadi Metil Ester sebagai Bahan Bakar Pengganti Minyak Diesel dengan menggunakan Katalis KOH. (Skripsi). Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Unisource Canada. 2005. *GLOSSARY*. Unisource Canada, Inc. http://www.unisource.ca/upload/tools/facility_supply_glossary_en_g.pdf [30 November 2006]