

Bidang Ilmu : Pertanian

**LAPORAN TAHUNAN  
HIBAH BERSAING**



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

Tahun ke I dari Rencana 3 Tahun

**Ketua Tim Peneliti**

**Dr. Sri Hidayati, M.P, NIDN: 0030097102**

**UNIVERSITAS LAMPUNG  
2013**

**Halaman Pengesahan  
Hibah Bersaing**

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

Kode rumpun Ilmu : 3

Ketua Peneliti

Nama : Dr. Sri Hidayati, S.T.P, M.P  
NIDN : 0030097102  
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala/IVa  
Program Studi : Pertanian/Teknologi Hasil Pertanian  
No HP : 085841147700  
Alamat surel (e-mail) : Email: [hidayati\\_thp@unila.ac.id](mailto:hidayati_thp@unila.ac.id)

Anggota (1)

Nama lengkap : Prof. Pudji Permadi  
NIDN : 0004035302  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Bandung

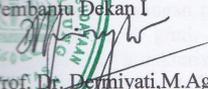
Anggota (2)

Nama Lengkap : Dra. Ilim, M.Sc  
NIDN : 0025056505  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung  
Lama Penelitian Keseluruhan : 3 (tiga) tahun  
Penelitian tahun ke : 1 (satu)  
Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 210.000.000  
Biaya Tahun Berjalan

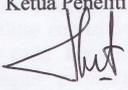
a. Dana yang disetujui : Rp.40.000.000 (empat puluh juta rupiah)  
b. Tahun kedua : Rp.70.000.000 (tujuh puluh juta rupiah)  
c. Tahun ketiga : Rp.70.000.000 (tujuh puluh juta rupiah)  
d. Biaya dari Instansi lain : tidak ada

Bandar Lampung, 25 November 2013

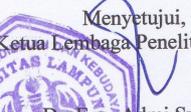
Mengetahui,  
Dean Dekan Fakultas Pertanian Unila  
Pembantu Dekan I

  
Prof. Dr. Dermiyati, M.Agr. Sc.  
NIP. 196308941987032002

Ketua Peneliti

  
Dr. Sri Hidayati, S.T.P, M.P  
NIP. 19710930 199512 2 001

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian Unila

  
Dr. Eng. Admi Syarif  
NIP. 19670103 1992 03 1 003



## Halaman Pengesahan Hibah Bersaing

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

Kode rumpun Ilmu : 3

Ketua Peneliti  
Nama : Dr. Sri Hidayati, S.T.P, M.P  
NIDN : 0030097102  
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala/IVa  
Program Studi : Pertanian/Teknologi Hasil Pertanian  
No HP : 085841147700  
Alamat surel (e-mail) : Email: [hidayati\\_thp@unila.ac.id](mailto:hidayati_thp@unila.ac.id)

Anggota (1)  
Nama lengkap : Prof. Pudji Permadi  
NIDN : 0004035302  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Bandung

Anggota (2)  
Nama Lengkap : Dra. Illim, M.Sc  
NIDN : 0025056505  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Lama Penelitian Keseluruhan : 3 (tiga) tahun  
Penelitian tahun ke : 1 (satu)  
Biaya Penelitian Keseluruhan : Rp. 210.000.000  
Biaya Tahun Berjalan  
a. Dana yang disetujui : Rp.40.000.000 (empat puluh juta rupiah)  
b. Tahun kedua : Rp.70.000.000 (tujuh puluh juta rupiah)  
c. Tahun ketiga : Rp.70.000.000 (tujuh puluh juta rupiah)  
d. Biaya dari Instansi lain : tidak ada

Bandar Lampung, 25 November 2013

Mengetahui,  
a.n Dekan Fakultas Pertanian Unila  
Pembantu Dekan I

Ketua Peneliti

Prof. Dr. Dermiyati, M.Agr. Sc.  
NIP. 196308041987032002

Dr. Sri Hidayati, S.T.P, M.P  
NIP. 19710930 199512 2 001

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian Unila

Dr. Eng. Admi Syarif  
NIP. 19670103 1992 03 1 003

## RINGKASAN

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

Sri Hidayati\*, Pudji Permadi\*\* dan Ilim\*\*\*

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. Limbah tersebut merupakan bahan beracun yang tidak dapat dimanfaatkan untuk pangan. 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.

Pada penelitian ini digunakan metil ester dari CPO parit dan minyak jelantah sebagai bahan baku untuk pembuatan Metil Ester Sulfonat (MES). CPO parit maupun minyak jelantah memiliki komposisi asam lemak dominan seperti asam oleat dan linoleat yang merupakan asam lemak berikatan rangkap, hal ini penting dalam proses sulfonasi minyak nabati. Tujuan penelitian Tahun Pertama adalah mendapatkan optimasi proses pembuatan MES berbahan baku CPO parit dan minyak jelantah serta uji kinerja MES yang dihasilkan, sedangkan pada

Hasil pembuatan MES dengan bahan baku dari metil ester minyak jelantah menunjukkan bahwa kondisi proses yang terbaik terjadi pada penggunaan  $H_2SO_4$  80% dan lama reaksi 90 menit. Karakteristik MES yang dihasilkan yaitu nilai tegangan permukaan 27,35 dyne/cm, stabilitas emulsi 89,44%, bilangan asam 17,72%, nilai IFT pada konsentrasi MES 0,1% sebesar 4,81 dyne/cm, konsentrasi MES 0,5% sebesar 2,68%, konsentrasi MES 1% sebesar 0,1149 dyne/cm dan konsentrasi 2% sebesar 0,0361 dyne/cm dengan menggunakan air formasi pada salinitas 10.000 ppm dan memiliki IFT yang lebih kecil dibanding surfaktan komersial. Penambahan asam sulfat sebesar 120 ml pada lama reaksi 75 menit menghasilkan tegangan permukaan 34,67 dyne/cm, stabilitas emulsi 54,11% dan berat jenis 1,34 g/ml. Pemberian asam peroksida pada konsentrasi 11% menghasilkan karakteristik terbaik yaitu nilai tegangan permukaan 34,57 dyne/cm, stabilitas emulsi 56,37%, berat jenis 1,39 g/ml dan warna 4,22 (agak putih).

## PRAKATA

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, kami telah berhasil menyusun laporan penelitian kepada masyarakat yang berjudul **OPTIMASI PRODUKSI SURFAKTAN DARI CPO PARIT DAN MINYAK JELANTAH DARI SAWIT DAN UJI EFEKTIVITASNYA PADA PENDESAKAN MINYAK BUMI.**

Tim penelitian pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung mengucapkan terima kasih kepada : Ketua DP3M atas dana peneliti yang diberikan, bapak rektor Universitas lampung dan Bapak Ketua Lembaga Penelitian Universitas lampung, yang menugaskan kepada peneliti untuk melakukan kegiatan penelitian. Kepada rekan, laboran dan mahasiswa yang telah membantu jalannya penelitian juga kami haturkan terimakasih. Semoga laporan penelitian ini bermanfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 25 November 2013

Penyusun

## DAFTAR ISI

	Halaman
PENDAHULUAN.....	9
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	9
1.2 Tujuan Khusus .....	11
1.3 Keutamaan Penelitian.....	11
TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1 Proses Produksi Metil ester Sulfonat dan faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Surfaktan .....	12
2.2 Kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan dan yang telah Dicapai.....	14
METODE PENELITIAN	
3.1 Alat dan Bahan.....	15
3.2 Lokasi Penelitian .....	15
3.3 Kegiatan Penelitian yang dilaksanakan .....	15
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA.....	48
KESIMPULAN DAN SARAN.....	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN	
Instrumen.....	56
Personalia tenaga peneliti dan kualifikasinya.....	58
HKI dan publikasi.....	67

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Skema kegiatan yang akan dikerjakan.....	17
2. Proses Pembuatan Metil Ester dari Minyak jelantah/CPO parit.....	18
3. Diagram alir proses tahapan penelitian pembuatan MES dari..... minyak CPO parit.....	19
4. Diagram alir proses tahapan penelitian pemutihan (bleaching) .....	20
MES dari minyak CPO parit dengan menggunakan H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> .....	20
5. Grafik hubungan lama sulfonasi dan konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> terhadap tegangan permukaan MES dari metil ester minyak jelantah.....	26
6. Grafik hubungan lama sulfonasi dan konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> terhadap .....	
stabilitas emulsi MES dari minyak jelantah.....	27
7. Grafik hubungan lama sulfonasi dan konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> terhadap .....	
bilangan asam MES dari minyak jelantah.....	28
8. Grafik hubungan lama sulfonasi dan konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> terhadap .....	
IFT MES dari minyak jelantah.....	29
9. Nilai IFT dari beberapa jenis surfaktan komersial.....	29
10. Pengaruh penambahan asam sulfat terhadap berat jenis MES minyak .....	
Jelantah.....	30
11. Pengaruh penambahan asam sulfat terhadap stabilitas emulsi MES minyak jelantah.....	31

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Instrumen.....	56
2. Personalia tenaga peneliti dan kualifikasinya.....	58
3. HKI dan publikasi.....	67

## **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 dalam berbagai industri seperti sabun, deterjen, kosmetika dan produk perawatan diri, farmasi, cat dan pelapis, kertas, tekstil, pertambangan dan 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.

Jenis surfaktan anionik yang banyak digunakan untuk EOR adalah surfaktan berbasis petroleum dimana kelemahannya adalah tidak tahan pada kesadahan yang tinggi, tidak renewable dan sulit didegradasi. Salah satu cara untuk mengatasi masalah ini adalah dengan memproduksi surfaktan metil ester sulfonat (MES) dari bahan nabati seperti minyak jelantah dan CPO parit dari minyak sawit yang memiliki harga relatif lebih murah dibandingkan dengan bahan baku dari petroleum maupun minyak nabati lain..

Penelitian mengenai proses produksi MES dari minyak inti sawit sudah dilakukan oleh Hidayati (2006), dan minyak jarak (Hidayati *et al*, 2009) menggunakan reaktan  $\text{NaHSO}_3$  dengan karakteristiknya serta uji pada pendesakan minyak bumi mampu merecovery minyak bumi sebesar 72%. Proses produksi menggunakan reaktan  $\text{NaHSO}_3$  memerlukan waktu dan suhu yang tinggi sehingga perlu diteliti penggunaan reaktan yang lebih reaktif untuk menghasilkan MES dengan karakteristik yang lebih baik dengan waktu proses dan suhu yang lebih rendah sehingga lebih menghemat biaya dan proses produksi. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan suatu optimasi proses produksi MES. Diharapkan pada penelitian ini dengan menggunakan bahan baku minyak jelantah dan CPO parit dengan reaktan aktif diharapkan mampu menghasilkan metil ester sulfonat yang lebih baik dan menghasilkan recovery minyak bumi yang lebih baik.

## 1.2 Tujuan Khusus

Secara rinci tujuan khusus penelitian adalah:

Mendapatkan kondisi proses (konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, nisbah reaktan, dan lama reaksi) yang optimum pada proses pembuatan metil ester sulfonat (MES) berbahan baku metil ester dari minyak jelantah dan CPO parit.

## 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 kedalam 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<sup>-2</sup> dyne/cm.

Metil Ester Sulfonat (MES) merupakan salah satu surfaktan anionik yang 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 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.

Metil Ester Sulfonat (MES) dibuat melalui proses sulfonasi yang menggunakan pereaksi kimia yang mengandung gugus sulfat atau sulfit (Bernardini, 1983; Watkins 2001). Beberapa hal yang harus dipertimbangkan untuk menghasilkan kualitas MES terbaik adalah rasio mol, suhu reaksi, lama reaksi, konsentrasi grup sulfat yang ditambahkan, bahan untuk sulfonasi ( $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), waktu netralisasi, pH dan suhu netralisasi (Foster, 1996).

Jenis reaktan yang digunakan pada proses sulfonasi adalah  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{SO}_3\cdot\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHSO}_3$ , ataupun  $\text{ClSO}_3\text{H}$ . Penelitian mengenai proses produksi MES dari minyak inti sawit dan CPO menggunakan reaktan  $\text{NaHSO}_3$  sudah dilakukan oleh Hidayati (2006) dengan karakteristiknya perlakuan suhu  $100^\circ\text{C}$  selama 4,5 jam, menggunakan rasio mol reaktan 1:1,5, pemurnian MES dengan menggunakan metanol dengan konsentrasi 26% dan suhu pemurnian  $45^\circ\text{C}$  mampu menurunkan nilai tegangan antarmuka dari 35,45 dyne/cm menjadi 0,21 dyne/cm.

Hal yang menjadi permasalahan pada penggunaan  $\text{NaHSO}_3$  adalah waktu yang diperlukan untuk reaksi relatif lama yaitu mencapai 4-6 jam dan suhu yang digunakan lebih tinggi yaitu lebih dari  $100^\circ\text{C}$  sehingga perlu alternatif penggunaan reaktan yang lebih reaktif seperti  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada proses sulfonasi. Asam sulfat merupakan salah satu agen pensulfonasi yang sangat reaktif sehingga perlu pengaturan konsentrasi dan lama reaksi yang tepat untuk menghasilkan MES yang memiliki karakteristik yang baik.

Hasil penelitian Abdu (2006) menunjukkan bahwa proses pembuatan MES berbasis minyak inti sawit (PKO) dengan menggunakan reaktan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  80% dan lama reaksi 90 menit mampu menurunkan tegangan permukaan hingga 37,93%, nilai tegangan antar muka (IFT) sebesar  $2,6 \times 10^{-1}$  dyne/cm dengan stabilitas emulsi sebesar 62,50%. Menurut Sheats dan Arthur (2002), lama reaksi yang berlebihan akan meningkatkan nilai tegangan antarmuka (IFT). Peningkatan lama reaksi menyebabkan peningkatan nilai IFT karena adanya reaksi sampingan berupa garam disodium karboksi sulfonat (*disalt*), olefin dan asam metil sulfat yang bukan merupakan senyawa aktif penurun tegangan antar muka (IFT) (Sheats dan Mac Arthur, 2002). Selain itu, Sheats dan Arthur (2002) menyatakan bahwa konsentrasi pereaktan yang berlebihan akan menghasilkan produk samping berupa olefin, asam sulfat dan hidrolisis ester yang menghasilkan *disalt*. Hasil produk samping tersebut akan mengurangi pembentukan senyawa sulfonat sehingga efek kinerja dari MES menjadi berkurang termasuk kemampuan MES untuk menurunkan tegangan permukaan.

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 mentah dan CPO parit.

## **BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **3.1 Proses Produksi Metil ester Sulfonat dan faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Surfaktan**

Sadi (1994) menyatakan bahwa pada umumnya surfaktan dapat disintesis dari minyak nabati melalui senyawa antara metil ester asam lemak dan fatty alkohol. Salah satu proses untuk menghasilkan surfaktan adalah proses sulfonasi untuk menghasilkan metil ester sulfonat (MES). Proses sulfonasi menghasilkan produk turunan yang terbentuk melalui reaksi kelompok sulfat dengan minyak, asam lemak (*fatty acid*), ester, dan alkohol lemak (*fatty alcohol*). Diistilahkan sebagai sulfonasi karena proses ini melibatkan penambahan grup sulfat pada senyawa organik. Jenis minyak yang biasanya disulfonasi adalah minyak yang mengandung ikatan rangkap ataupun grup hidroksil pada molekulnya. Di industri, bahan baku minyak yang digunakan adalah minyak berwujud cair yang kaya akan ikatan rangkap (Bernardini, 1983). Salah satu minyak nabati potensial yang belum dimanfaatkan untuk produksi MES adalah CPO parit (CPO parit).

Minyak jelantah merupakan minyak goreng yang telah digunakan beberapa kali. Kandungan asam lemak penyusun minyak jelantah diantaranya terdiri dari oleat 32,192%, dan linoleat 5,022% (Sidjabat, 2003). Minyak yang mengandung asam lemak tak jenuh lebih mudah diabsorpsi oleh usus dibandingkan minyak yang mengandung asam lemak jenuh, sehingga penggunaan minyak yang mengandung asam lemak jenuh dapat mengakibatkan artero sclerosis (Sidjabat, 2003). Selain itu, proses tersebut juga dapat menghasilkan senyawa-senyawa radikal bebas yang bersifat karsinogenik di dalam minyak jelantah.

Salah satu bahan baku potensial yang belum dikembangkan sebagai bahan baku MES adalah CPO parit. CPO parit merupakan produk samping hasil pengolahan CPO yang potensinya mencapai 2% dari produksi CPO total dengan harga perkilogram hanya Rp 350,- (Sugiyono, 2010, Afrizal, 2007; Suarna, 2010) CPO parit memiliki karakteristik kimia yang tidak jauh berbeda dengan CPO sehingga diharapkan mampu menghasilkan MES dengan karakteristik yang baik dan menurunkan biaya produksi pembuatan MES.

Proses sulfonasi dapat dilakukan dengan mereaksikan asam sulfat, sulfit,  $\text{NaHSO}_3$ , atau gas  $\text{SO}_3$  dengan ester asam lemak (Bernardini, 1983; Watkins 2001). Pereaksi kimia yang banyak digunakan adalah gas  $\text{SO}_3$  yang sangat reaktif dan bereaksi cepat dengan beberapa komponen organik. Proses sulfonasi dengan gas  $\text{SO}_3$  menghasilkan produk dengan kualitas yang tinggi, namun kelemahannya yaitu proses ini bersifat kontinyu dan paling sesuai untuk volume produksi yang besar, membutuhkan peralatan yang mahal dengan tingkat ketepatan yang tinggi, dan mensyaratkan personel pengoperasian yang memiliki skill tinggi (*highly trained*), selain itu memiliki sifat yang sangat reaktif sehingga diperlukan kontrol yang sangat ketat agar tidak terbentuk produk intermediat dan warna yang dihasilkan berwarna hitam sehingga memerlukan proses pemucatan. Salah satu alternatif penggunaan bahan kimia yang reaktif adalah asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), dimana keunggulannya adalah reaktan berharga murah dan mudah diaplikasikan pada skala produk kecil dan dapat digunakan secara batch proses.

Proses sulfonasi ini akan menghasilkan produk berwarna gelap, sehingga dibutuhkan proses pemurnian meliputi pemucatan dan netralisasi. Untuk mengurangi warna gelap tersebut, pada tahap pemucatan ditambahkan larutan  $\text{H}_2\text{O}_2$  atau larutan metanol, yang dilanjutkan dengan proses netralisasi dengan menambahkan larutan alkali (KOH atau NaOH), setelah melewati tahap netralisasi, produk yang berbentuk pasta dikeringkan sehingga produk akhir yang dihasilkan berbentuk *concentrated pasta*, *solid flake*, atau granula (Watkins, 2001). Proses pemurnian palm C16-18 potassium metil ester sulfonat (KMES) yang diteliti oleh Sherry *et al.* (1995) dilakukan tanpa melalui proses pemucatan. Pemurnian produk dilakukan dengan mencampurkan sulfonated ester dengan 10-

15 persen metanol di dalam *digester*, dan dilanjutkan dengan proses netralisasi berupa penambahan 50 persen KOH.

Foster (1996) berpendapat bahwa untuk mendapatkan produk yang unggul dari reaksi sulfonasi, faktor utama yang harus dikendalikan adalah mol reaktan, suhu reaksi, konsentrasi reaktan, pH netralisasi, lama reaksi, dan suhu selama penetralan.

### **3.2 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 NaHSO<sub>3</sub> dan produksi MES dari minyak curah pada tahun 2010 dengan dana kerjasama dengan Lemigas (Lembaga Penelitian Minyak dan Gas).

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.

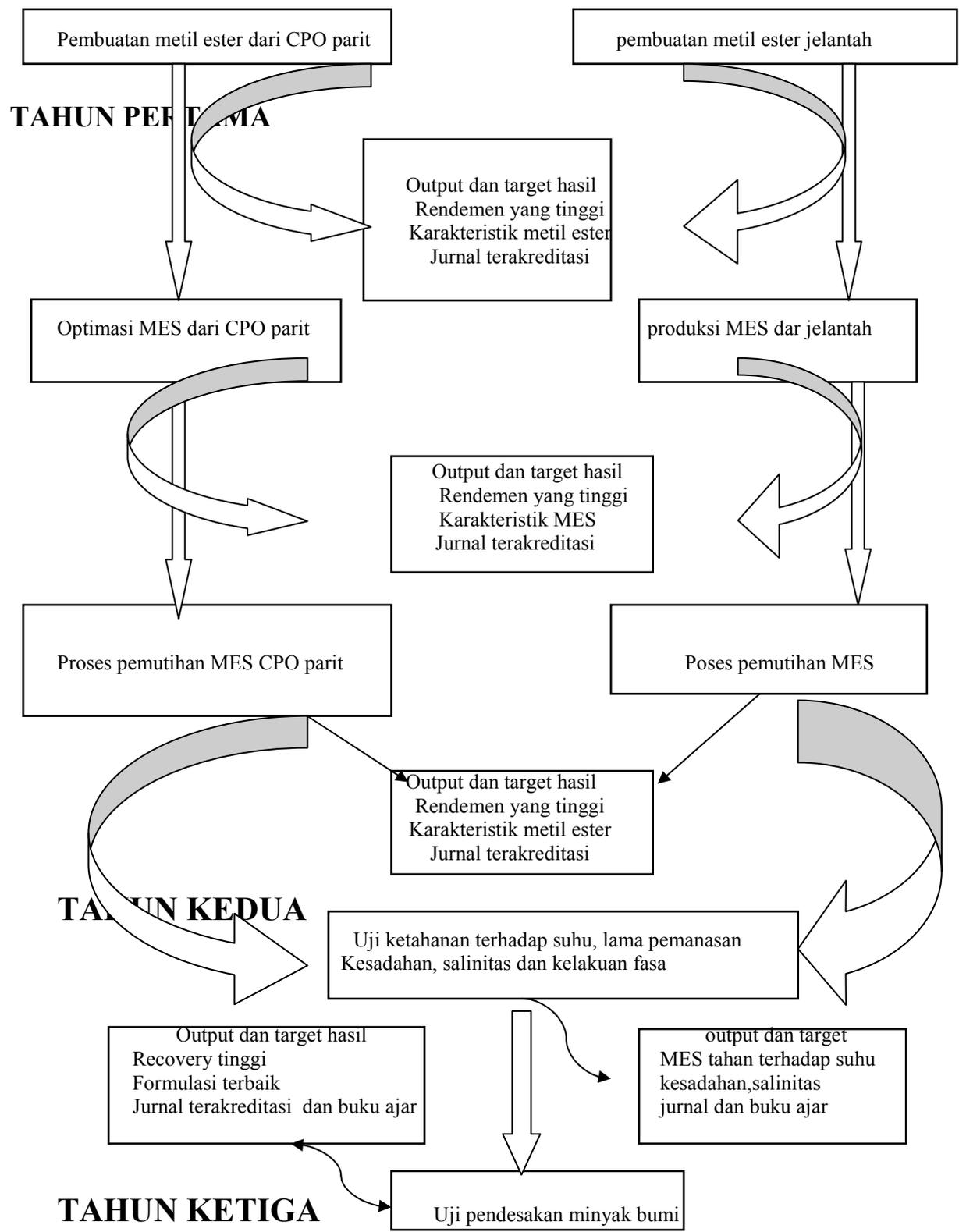
### **3.3 Kegiatan Penelitian yang dilaksanakan**

Kegiatan penelitian, dengan tahapan penelitian yang dilaksanakan sebagai berikut:

1. Optimasi pembuatan metil ester dari CPO parit dan minyak jelantah yang meliputi optimasi katalis dan konsentrasi methanol yang menghasilkan metil ester dengan rendemen tertinggi.
2. Karakterisasi bahan baku metil ester dari minyak CPO parit dan minyak jelantah Karakterisasi diperlukan untuk mengetahui sifat kimia bahan baku yang digunakan. Sifat kimia yang diuji meliputi bilangan iod (AOAC, 1995), bilangan asam (AOAC, 1995), bilangan penyabunan (AOAC, 1995), komposisi metil ester dari PKO dan CPO (kromatografi gas).

3. Optimasi kondisi proses pembuatan metil ester sulfonat dari metil ester minyak CPO parit dan minyak jelantah. Optimasi dilakukan untuk mengetahui kondisi proses pembuatan MES yang optimum untuk mendapatkan MES dengan nilai tegangan antar muka (IFT) paling rendah. Kondisi proses meliputi konsentrasi  $H_2SO_4$  dan lama reaksi sulfonasi. MES yang dihasilkan diuji nilai IFT menggunakan *spining drop tensiometer* (Gardener dan Hayes, 1983), bilangan iod (AOAC, 1995), bilangan asam (AOAC, 1995), bilangan peroksida (AOAC, 1995), kestabilan emulsi (modifikasi ASTM D 1436, 2001), uji absorbansi sulfonat menggunakan spektrometer UV-visible dan tegangan permukaan menggunakan du Nouy (Zajic dan Steffens, 1984).

Skema Kegiatan Penelitian yang akan dilakukan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema kegiatan yang akan dikerjakan

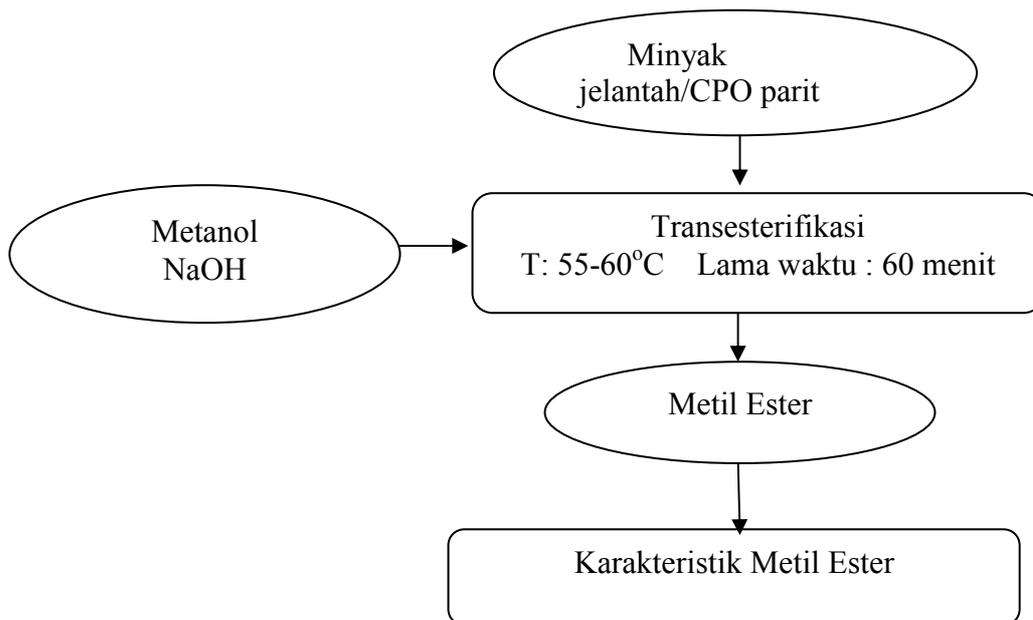
### 3.4. Metode Pelaksanaan

Penelitian optimasi dilakukan dalam beberapa tahap meliputi :

#### A. Tahun Penelitian Tahun Pertama

##### Tahap 1. Pembuatan Metil Ester

Metil ester dari bahan dasar minyak CPO parit dan minyak jelantah dibuat melalui proses transesterifikasi. Reaksi transesterifikasi dilakukan pada suhu 55-60°C selama 1 jam dengan menambahkan larutan metoksida dengan konsentrasi sebesar 0,25 0,5, 0,75 dan 1 % dari berat minyak, dan perbandingan volume minyak dan metanol adalah 10:1. Diagram alir proses pembuatan metil ester dari minyak CPO parit maupun minyak jelantah dapat dilihat pada Gambar 2.

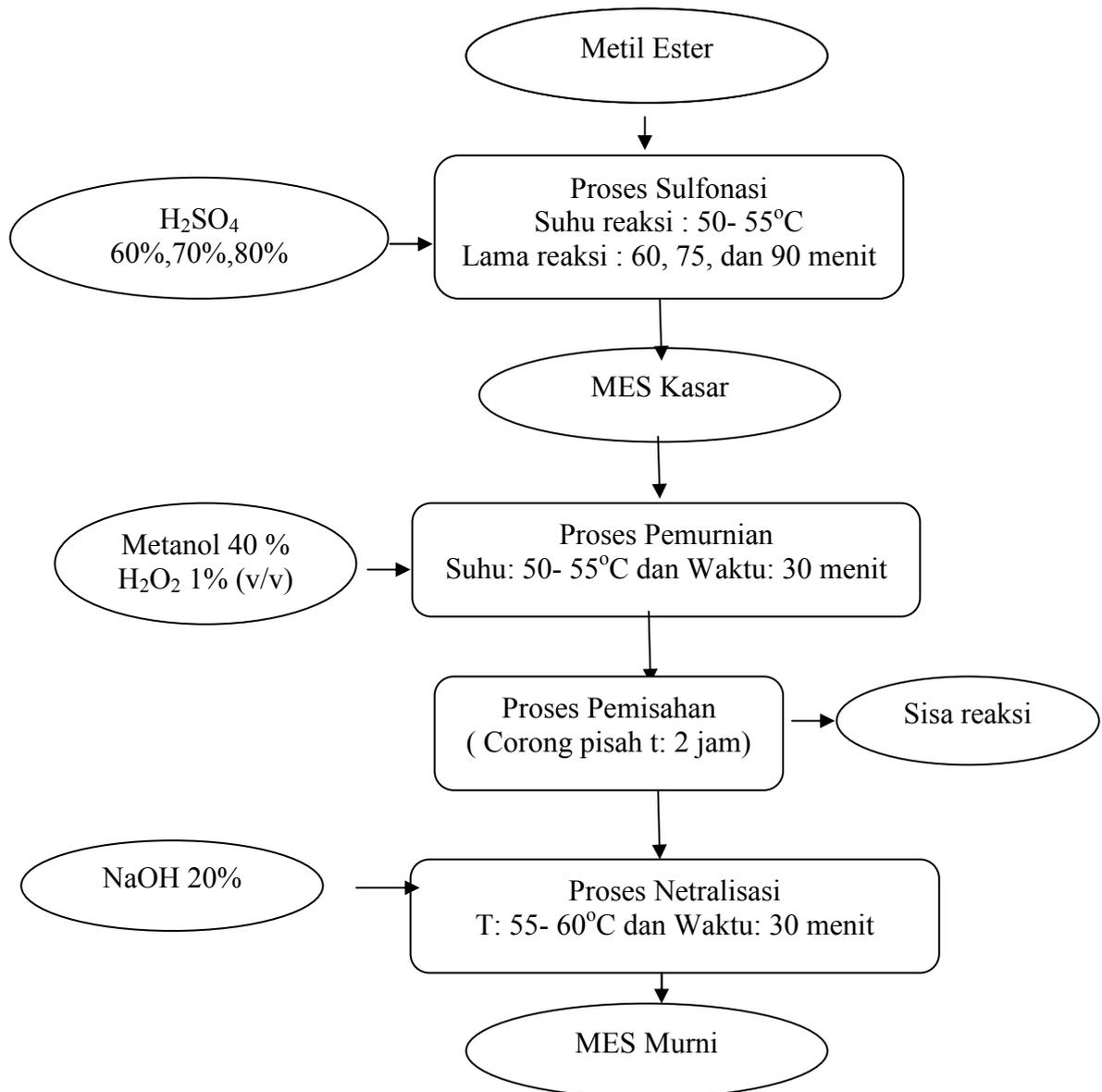


Gambar 2. Proses Pembuatan Metil Ester dari Minyak jelantah/CPO parit

##### Tahap 2. Pembuatan Metil Ester Sulfonat

Proses pembuatan MES melalui beberapa tahap yaitu sulfonasi, pemurnian, dan penetralan. Reaksi sulfonasi antara metil ester dengan reaktan  $H_2SO_4$  merupakan tahapan utama proses pembuatan MES. Metil ester dari minyak CPO parit maupun dari minyak jelantah dipanaskan pada suhu 50- 55 °C ditambahkan dengani  $H_2SO_4$  dengan konsentrasi 60%, 70%, dan 80% dan nisbah 1: 1,4 (Mira,

2004) direaksikan pada labu leher tiga berkondensor dengan lama reaksi 60 menit, 75 menit, dan 90 menit. Proses pemurnian menggunakan metanol 40% dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1% untuk proses pemucatan dengan menggunakan suhu 55<sup>0</sup>C selama 0,5 jam dan netralisasi dengan NaOH 20% pada suhu 50<sup>0</sup>C selama 0,5 jam (Gambar 3).



Gambar 3. Diagram alir proses tahapan penelitian pembuatan MES dari minyak CPO parit dengan menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Rivai, 2004 dimodifikasi)

Analisis meliputi stabilitas emulsi (modifikasi ASTM D 1436, 2001), tegangan permukaan menggunakan du Nouy (Zajic dan Seffens, 1984), uji berat

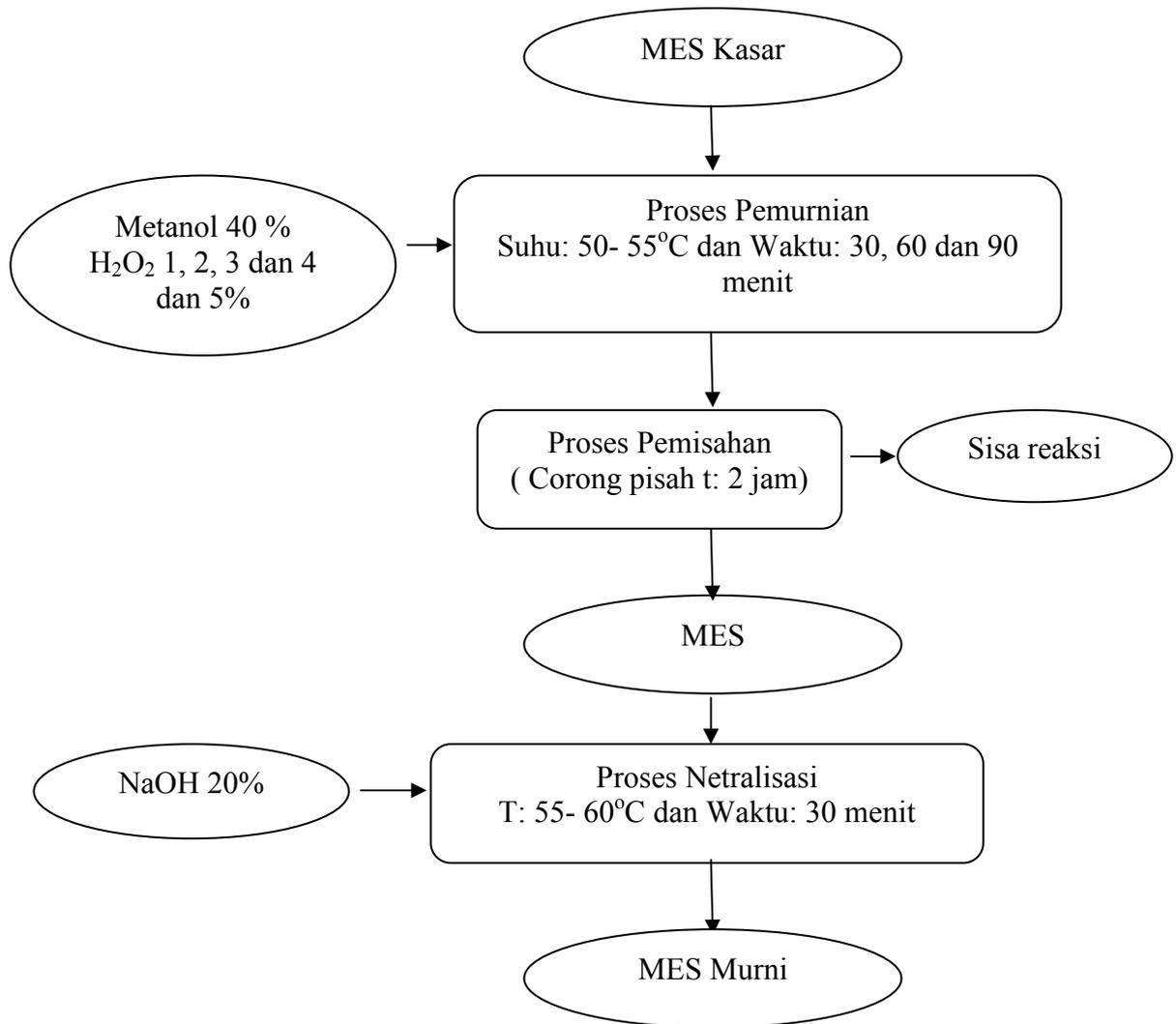
jenis dan kualitatif untuk mendeteksi keberadaan gugus sulfonat menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR)

### **Rancangan Percobaan**

Penelitian dilakukan secara faktorial menggunakan Rancangan kelompok Acak Lengkap dengan 3 ulangan. Faktor-faktor yang diteliti pada penelitian ini adalah konsentrasi  $H_2SO_4$  yaitu 60% (K1), 70% (K2), dan 80% (K3) serta lama sulfonasi 60 menit (L1), 75 menit (L2), dan 90 menit (L3). Kesamaan ragam diuji dengan uji Bartlett dan kemenambahan data diuji dengan uji Tukey. Data dianalisis dengan sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan uji signifikansi untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antar perlakuan. Data kemudian dianalisis lebih lanjut dengan uji Beda Nyata Terkecil pada taraf 1% dan 5% (Steel dan Torrie, 1995).

### **Tahap Ketiga: Proses Pemutihan MES**

Hasil MES pada proses sulfonasi masih menghasilkan warna yang relative gelap, sehingga perlu proses pemutihan/bleaching agar meningkatkan daya terima produk terutama jika digunakan sebagai bahan baku deterjen. Proses pemutihan MES dilakukan setelah mendapatkan hasil yang optimal pada perlakuan tahap kedua (optimasi MES). Reaksi pemutihan dilakukan dengan menggunakan  $H_2O_2$ . Metil ester sulfonat dari minyak CPO parit dipanaskan pada suhu 50- 55  $^{\circ}C$  ditambahkan dengan  $H_2O_2$  dan metanol sebanyak 40% dengan perlakuan lama waktu pemutihan. MES direaksikan pada labu leher tiga berkondensor dengan menggunakan suhu 55 $^{\circ}C$  dan selanjutnya dilakukan proses akhir yaitu proses netralisasi dengan NaOH 20% pada suhu 50 $^{\circ}C$  selama 0,5 jam. Analisis yang dilakukan terhadap produk MES yang dihasilkan meliputi stabilitas emulsi (modifikasi ASTM D 1436, 2001), tegangan permukaan menggunakan du Nouy (Zajic dan Seffens, 1984), uji berat jenis dan kualitatif untuk mendeteksi keberadaan gugus sulfonat menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR). Diagram alir proses produksi MES dari metil ester minyak CPO parit dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram alir proses tahapan penelitian pemutihan (bleaching) MES dari minyak CPO parit dengan menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>

Sumber : Rivai, 2004 (yang dimodifikasi)

### Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan secara faktorial menggunakan Rancangan kelompok Acak Lengkap dengan 3 ulangan. Faktor-faktor yang diteliti pada penelitian ini adalah konsentrasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> yaitu 1% (K1), 2% (K2), 3% (K3), 4% (K4) dan 5% (K5) serta lama bleaching 30 menit (L1), 60 menit (L2), dan 90 menit (L3). Kesamaan ragam diuji dengan uji Bartlett dan kemenambahan data diuji dengan uji Tukey. Data dianalisis dengan sidik ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan uji signifikansi untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan antar

perlakuan. Data kemudian dianalisis lebih lanjut dengan uji Beda Nyata Terkecil pada taraf 1% dan 5% (Steel dan Torrie, 1995).

### 3.6 PROSEDUR ANALISIS

#### 1. Analisis Metil Ester Menggunakan Gas kromatografi

Dua gram minyak ditambahkan ke dalam labu didih, kemudian ditambahkan 6-8 ml NaOH dalam metanol, dipanaskan sampai tersabunkan lebih kurang 15 menit dengan pendingin balik. Selanjutnya ditambahkan 10 ml  $\text{BF}_3$  dan dipanaskan kira-kira dua menit. Dalam keadaan panas ditambahkan 5 ml n-heptana atau n-heksana, kemudian dikocok dan ditambahkan larutan NaCl jenuh. Larutan akan terpisah menjadi dua bagian. Bagian atas akan dipindahkan ke dalam tabung reaksi yang sebelumnya telah diberi 1 g  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Larutan tersebut siap diinjeksikan pada suhu detektor  $230^\circ\text{C}$ , suhu injektor  $225^\circ\text{C}$ , suhu awal  $70^\circ\text{C}$ , pada suhu awal = 2 menit, menggunakan glass column dengan panjang 2 meter dan diameter 2 mm, gas pembawa adalah helium dan fasa diam dietilen glikol suksinat. Jenis detektor yang digunakan adalah jenis FID (Flame Ionization Detector).

#### 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.

## **8. 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.

#### **9. 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.

#### **10. Bilangan Asam (Acid Value) (AOAC, 1995)**

Bahan ditimbang 10-20 gram di dalam erlenmeyer 200 ml. Ditambahkan 50 ml alkohol netral 95 persen, kemudian dipanaskan selama 10 menit dalam penangas air sambil diaduk. Larutan ini dititar dengan KOH 0.1 N dengan indikator larutan Phenolptalein 1 persen di dalam alkohol, sampai tepat terlihat warna merah jambu. Setelah itu dihitung jumlah miligram KOH yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam 1 gram bahan (Jacobs, 1958).

$$\text{Bilangan asam (acid value)} = \frac{A \times N \times 56.1}{G}$$

Keterangan :  
A = jumlah ml KOH untuk titrasi  
N = normalitas larutan KOH  
G = bobot contoh (gram)  
56,1 = bobot molekul KOH

#### **12. Bilangan Iodine (AOAC, 1995)**

Ikatan rangkap yang terdapat pada asam lemak tidak jenuh akan bereaksi dengan iod dan membentuk senyawa yang jenuh. Jumlah iod yang diserap menunjukkan banyaknya ikatan rangkap atau ikatan tidak jenuh yang terdapat dalam minyak. Bilangan Iod dinyatakan sebagai jumlah gram iod yang diserap oleh 100 gram minyak atau lemak.

Prosedur: Sampel ditimbang sebanyak 0,5 gram dalam erlenmeyer 500 ml yang tertutup dan ditambahkan 20 ml karbontetraklorida sebagai pelarut. Ditambahkan 25 ml larutan Wijs dengan pipet dengan kelebihan volume pereaksi sekitar 50-60 persen. Dilakukan juga untuk blanko. Erlenmeyer disimpan pada tempat gelap dengan suhu  $25^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit. Setelah itu ditambahkan 20 ml larutan kalium iodida 15 persen dan 100 ml air, dan botol ditutup serta dikocok dengan hati-hati. Titrasi dilakukan dengan larutan natrium thiosulfat 0,1 N dengan menggunakan indikator larutan pati.

$$\text{Bilangan iod} = \frac{(B - S) \times N \times 12,69}{G}$$

Dimana: B = jumlah ml thiosulfat untuk titrasi blako

S = jumlah ml thiosulfat untuk titrasi sampel

N = normalitas larutan thiosulfat

G = bobot sampel

#### 14. Berat jenis

Pengukuran berat jenis dilakukan dengan menggunakan piknometer. Piknometer dibersihkan dengan aquades, lalu di masukkan ke dalam oven yang bersuhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam. Pengukuran di lakukan pada suhu ruangan  $20^{\circ}\text{C}$ . 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

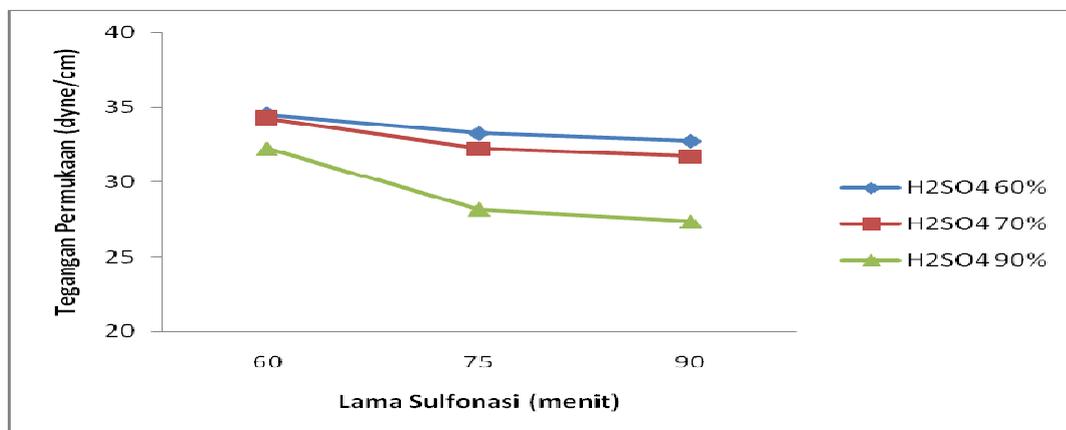
#### 15. Pengukuran Gugus Sulfonat menggunakan Fourier Transform Infrared (FTIR) (ASTM D2357-74)

Sampel (MES) dimasukkan ke dalam tabung tertutup, masing-masing 10 mL dan dipanaskan ke dalam oven dengan suhu 120°C, 150°C dan 180°C selama 56 jam. Sampel kemudian dianalisis dengan menggunakan FTIR spektroskopi Perkin Elmer 1600 series yang sudah dikoneksikan dengan computer Perkin Elmer 7300 profesional computer. Data dari FTIR diperoleh dengan menggunakan bilangan gelombang dari 4000 sampai 400.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan lama Sulfonasi Terhadap Tegangan Permukaan pada Minyak Jelantah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan lama sulfonasi serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap tegangan permukaan MES dari minyak jelantah (Gambar 5).



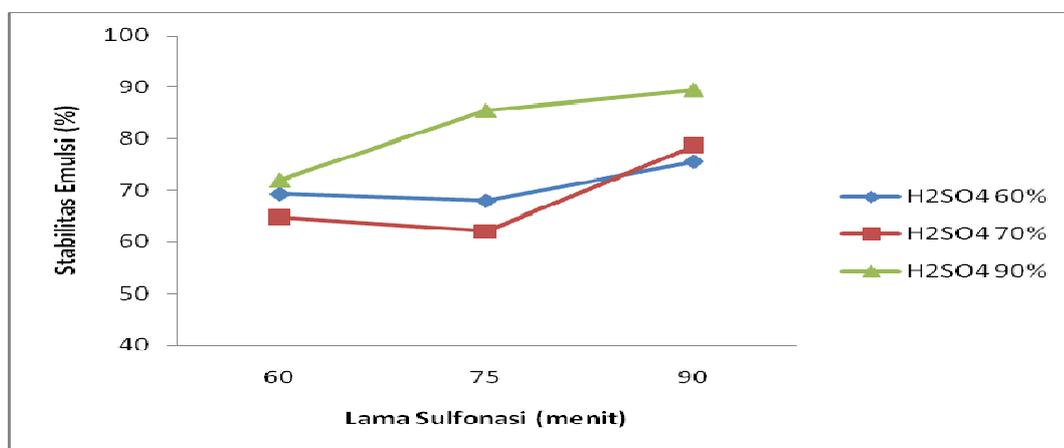
Gambar 5. Grafik hubungan lama sulfonasi dan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap tegangan permukaan MES dari metil ester minyak jelantah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan lama sulfonasi akan menurunkan tegangan permukaan. Hal ini diduga peningkatan lama sulfonasi akan menyebabkan pembentukan gugus sulfonat hasil reaksi metil ester dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menjadi lebih banyak. Gugus sulfonat merupakan senyawa aktif penurun tegangan permukaan dan antar muka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan terbaik terjadi pada konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 80% dan lama reaksi 90

menit yang menghasilkan tegangan permukaan sebesar 27,35 dyne/cm, sedangkan pada Putra dkk (2006) dengan menggunakan bahan baku dari metil ester inti sawit, pada perlakuan konsentrasi  $H_2SO_4$  80% dan suhu  $65^\circ C$  menghasilkan tegangan permukaan sebesar 32,8 dyne/cm.

### **Pengaruh Konsentrasi $H_2SO_4$ dan lama Sulfonasi Terhadap Stabilitas Emulsi**

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi  $H_2SO_4$  dan lama sulfonasi serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap stabilitas emulsi dari minyak jelantah (Gambar 6).

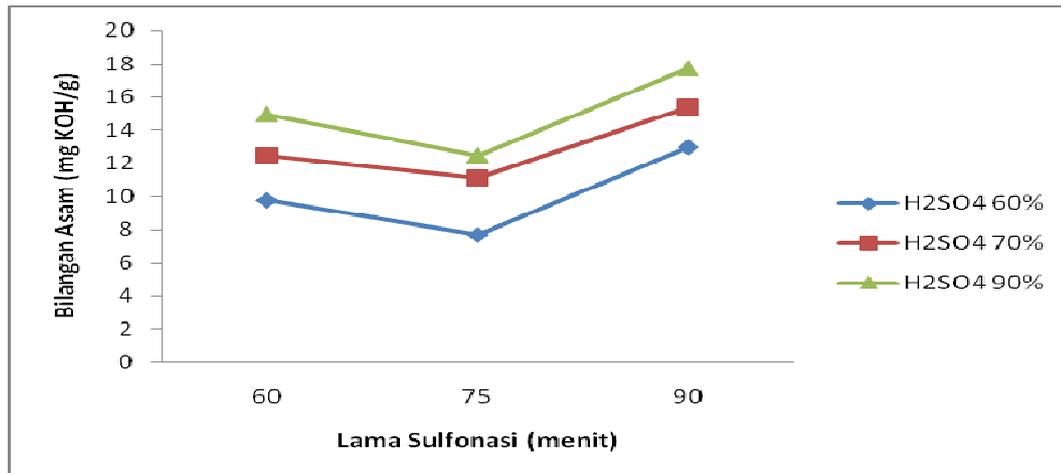


Gambar 6. Grafik hubungan lama sulfonasi dan konsentrasi  $H_2SO_4$  terhadap stabilitas emulsi MES dari minyak jelantah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi  $H_2SO_4$  dan lama sulfonasi akan meningkatkan stabilitas emulsi. Stabilitas emulsi berbanding terbalik dengan nilai tegangan permukaan. Penurunan tegangan permukaan akan meningkatkan stabilitas emulsi. Stabilitas emulsi tertinggi terjadi pada perlakuan konsentrasi  $H_2SO_4$  80% dan lama sulfonasi 90 menit sebesar 89,44%. Putra dkk (2006) melaporkan bahwa perlakuan pada pemberian  $H_2SO_4$  80% dengan suhu  $65^\circ C$  akan menghasilkan nilai stabilitas emulsi 63,32% pada MES dari minyak inti sawit.

### **Pengaruh Konsentrasi $H_2SO_4$ dan lama Sulfonasi Terhadap Bilangan Asam**

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi  $H_2SO_4$  dan lama sulfonasi berpengaruh nyata terhadap bilangan asam MES dari minyak jelantah tetapi interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata (Gambar 7).



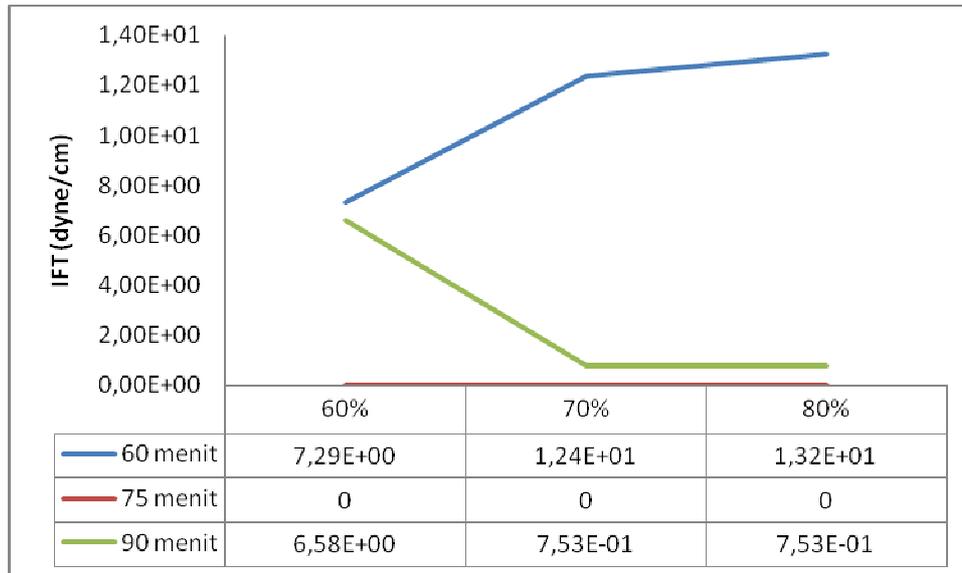
Gambar 7. Grafik hubungan lama sulfonasi dan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap bilangan asam MES dari minyak jelantah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan lama sulfonasi akan meningkatkan nilai bilangan asam. Peningkatan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan lama sulfonasi akan menyebabkan peningkatan pembentukan peroksida dan hidroperoksida. Samuelsson dan Johanssen (2003), menyatakan bahwa proses oksidasi linoleat pada minyak akan menyebabkan pembentukan hidroperoksida yang bersifat tidak stabil. Bilangan asam menunjukkan banyaknya asam lemak bebas yang ada dalam minyak akibat reaksi hidrolisis akibat reaksi kimia, pemanasan, atau proses fisika. Semakin tinggi bilangan asam maka semakin banyak minyak yang telah terhidrolisis. Oksidasi komponen-komponen minyak terutama golongan aldehyd dapat membentuk gugus asam karboksilat sehingga akan menambah nilai bilangan asam. Hal ini juga dapat disebabkan oleh suhu dan lama sulfonasi yang tinggi, di mana pada kondisi tersebut kemungkinan terjadinya proses oksidasi sangat besar.

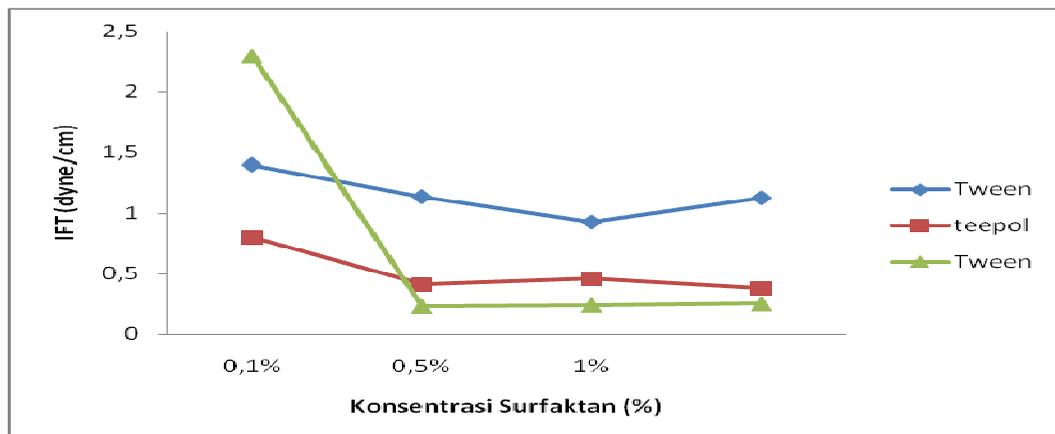
Hasil penelitian Rivai (2004); Edison dan Hidayati (2009) menunjukkan pola yang sama yaitu semakin lama proses sulfonasi akan meningkatkan bilangan asam. Peningkatan suhu dan lama reaksi akan menyebabkan peningkatan pembentukan sulfon dan reaksi samping seperti asam-asam berantai pendek seperti aldehyd dan keton, pada degradasi yang lebih lanjut akan menghasilkan pembentukan asam sulfur yang menyebabkan peningkatan bilangan asam (Moreno *et al.*, 1988; Hu dan Tuvell, 1986; Dunn, 2002). Dunn (2002) melaporkan bahwa peningkatan suhu dari 75°C menjadi 125°C selama 6 jam pada

pemanasan metil ester dari kedelai akan meningkatkan bilangan asam dari 1,61 mg KOH/gram sampel menjadi 4,22 mg KOH/gram sampel.

### Pengaruh Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan lama Sulfonasi Terhadap IFT



Gambar 8. Grafik hubungan lama sulfonasi dan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap IFT MES dari minyak jelantah

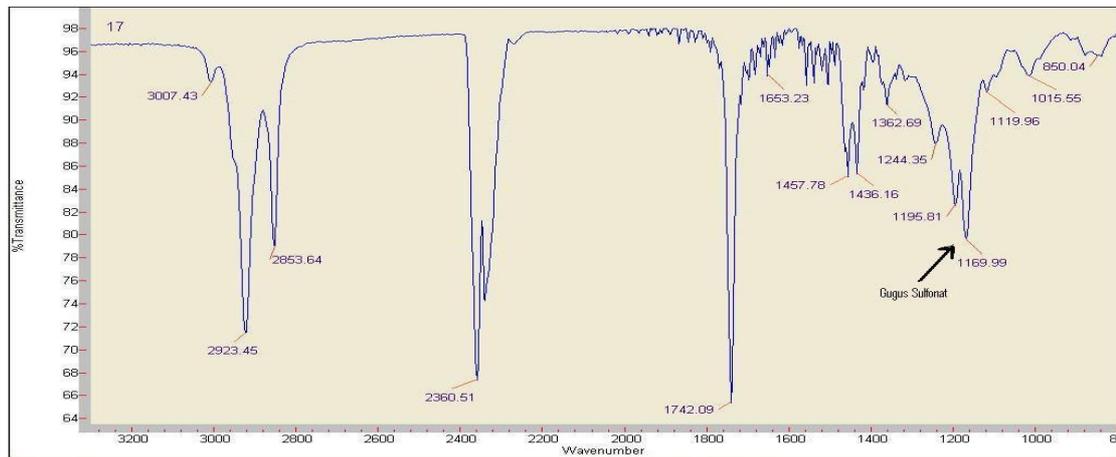


Gambar 9. Nilai IFT dari beberapa jenis surfaktan komersial

### Analisis Gugus Fungsi

Peesok *et al* (1976) menyatakan bahwa gugus sulfonat ionik dideteksi pada bilangan gelombang 1250-1150 (s) cm<sup>-1</sup> dan 1075-1000<sub>(m)</sub> cm<sup>-1</sup>, sedang dari

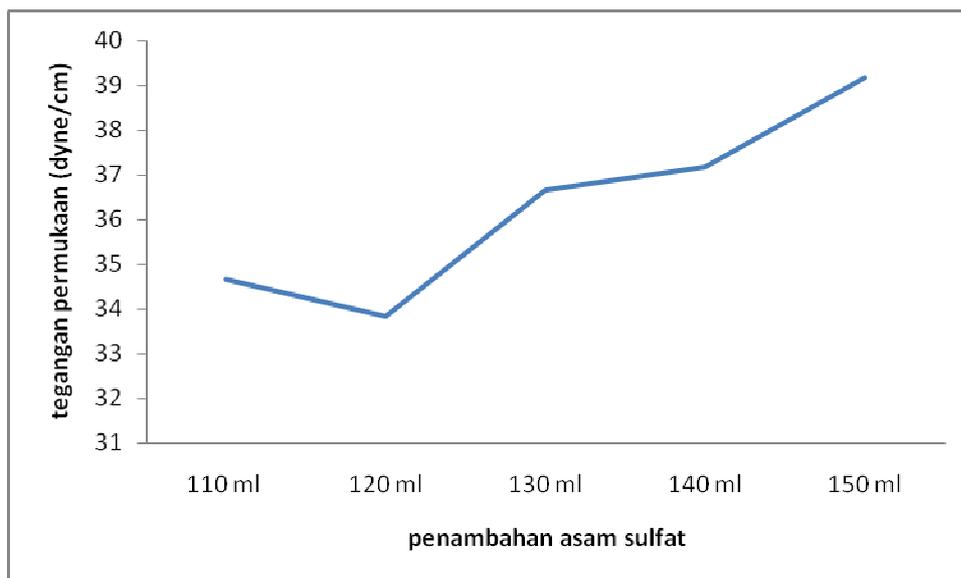
ASTM (2001) (D 2357-74) gugus sulfonat dihasilkan pada bilangan gelombang 1235 sampai 1176  $\text{cm}^{-1}$ . Metil Ester Sulfonat (MES) dari metil ester dari jarak pagar yang tidak dipanaskan, gugus sulfonat diperlihatkan pada bilangan gelombang 1235 sampai 1172  $\text{cm}^{-1}$ , S=O pada bilangan gelombang 1029,1  $\text{cm}^{-1}$  dan golongan alkohol pada bilangan gelombang 3600-3200  $\text{cm}^{-1}$  (Gambar 4).



Gambar 7 Analisis gugus sulfonat pada MES yang diuji dengan menggunakan FTIR

### **Pengaruh Penamabahan asam sulfat terhadap tegangan permukaan MES minyak jelantah**

Hasil pengukuran tegangan permukaan MES berkisar 33,83 dyne-39,17 dyne/cm. Hasil analisis aragam menunjukkan adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan. Hasil uji BNT menunjukkan bahwa penambahan yang terbaik dihasilkan pada penamabahan 120 ml asam sulfat memberikan penurunan tegangan permukaan yang terbaik (Gambar 8).

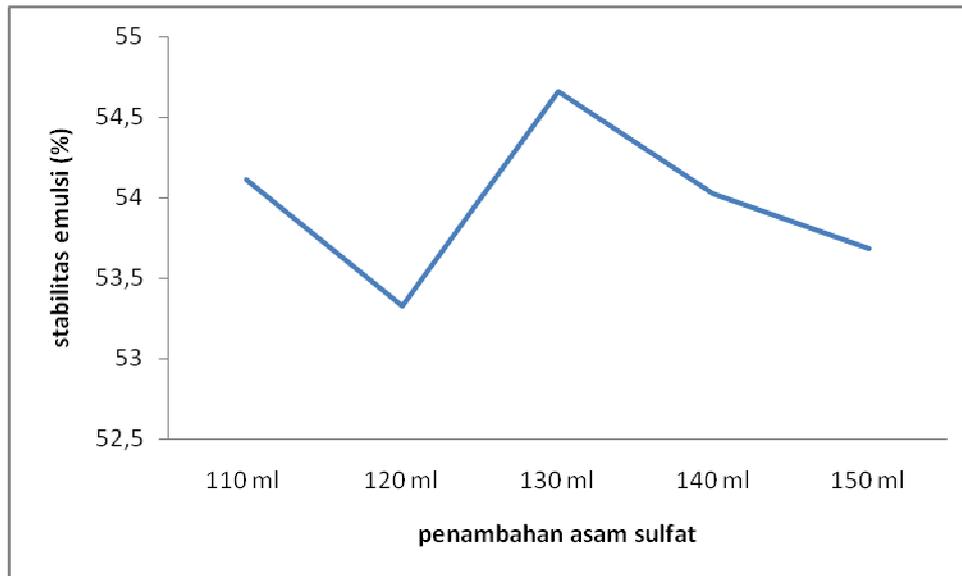


Gambar 8. Pengaruh penambahan asam sulfat terhadap tegangan permukaan MES minyak jelantah

Rivai (2004) melaporkan bahwa penggunaan asam sulfat pada minyak inti sawit C18 terjadi pada penambahan sebesar 140 ml dan lama reaksi 30 menit dengan nilai tegangan permukaan sebesar 32 dyne/cm sedangkan hasil penelitian Abdu (2006) dengan bahan baku dari CPO menghasilkan tegangan permukaan sebesar 37,93 dyne/cm. Asstrini (2007) melaporkan bahwa kondisi proses sulfonasi terbaik terjadi pada penambahan asam sulfat sebesar 120 ml dan lama reaksi dengan nilai tegangan permukaan yang dihasilkan sebesar 41 dyne/cm.

#### **Pengaruh penambahan asam sulfat terhadap stabilitas emulsi MES**

Hasil pengukuran stabilitas emulsi MES berkisar antara 53,33 – 54,66%. Hasil uji BNT maenunjukkan bahwa semua perlakuan tidak berbeda nyata pada nilai stabilitas emulsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai stabilitas emulsi yang tertinggi terjadi pada penambahan asam sulfat 130 ml pada lama reaksi 75 menit menghasilkan stabilitas emulsi sebesar 54,66% (Gambar 9).

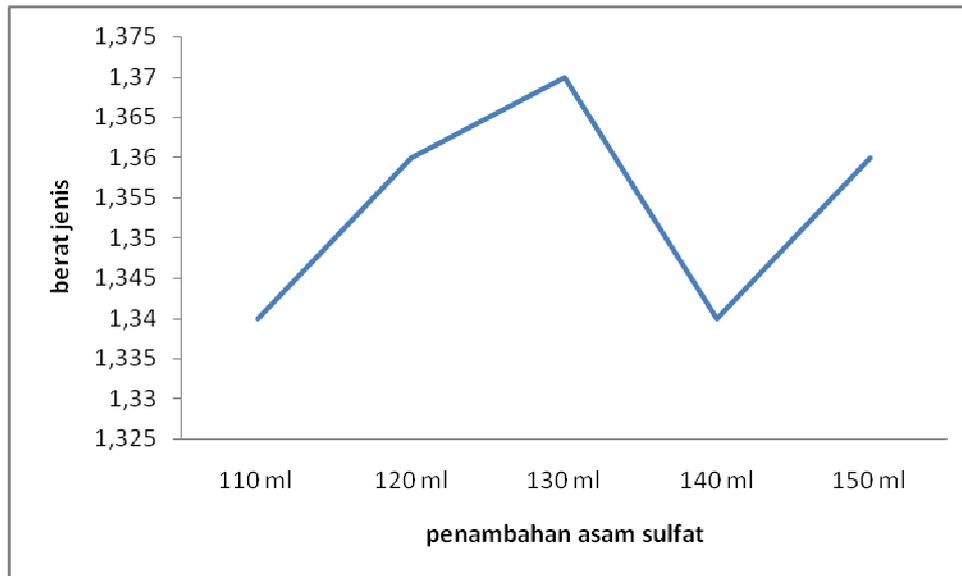


Gambar 9. Pengaruh penambahan asam sulfat terhadap stabilitas emulsi MES minyak jelantah

Hasil penelitian Abdu menunjukkan bahwa penggunaan asam sulfat 140 ml dan lama reaksi selama 30 menit menghasilkan stabilitas emulsi sebesar 62,5% pada penggunaan bahan baku CPO sedangkan Rivai (2004), menggunakan minyak inti sawit mampu menghasilkan tegangan permukaan sebesar 73,76% dengan perlakuan penambahan asam sulfat 140 ml dan lama reaksi 30 menit. Penurunan stabilitas emulsi setelah penambahan di atas 130 ml diduga akibat terjadi proses kerusakan MES akibat peningkatan konsentrasi asam sulfat sehingga menghasilkan produk samping yang tidak bersifat untuk menurunkan tegangan permukaan sehingga mengakibatkan penurunan kemampuan untuk membentuk emulsi.

#### **Pengaruh penambahan asam sulfat terhadap berat jenis MES**

Hasil pengukuran berat jenis MES berada pada kisaran 1,34 hingga 1,36 g/ml. Hasil uji BNT menunjukkan bahwa semua perlakuan tidak berbeda nyata. Penurunan terkecil terjadi pada perlakuan penambahan asam sulfat sebesar 110 ml yaitu 1,34 g/ml (Gambar 10).

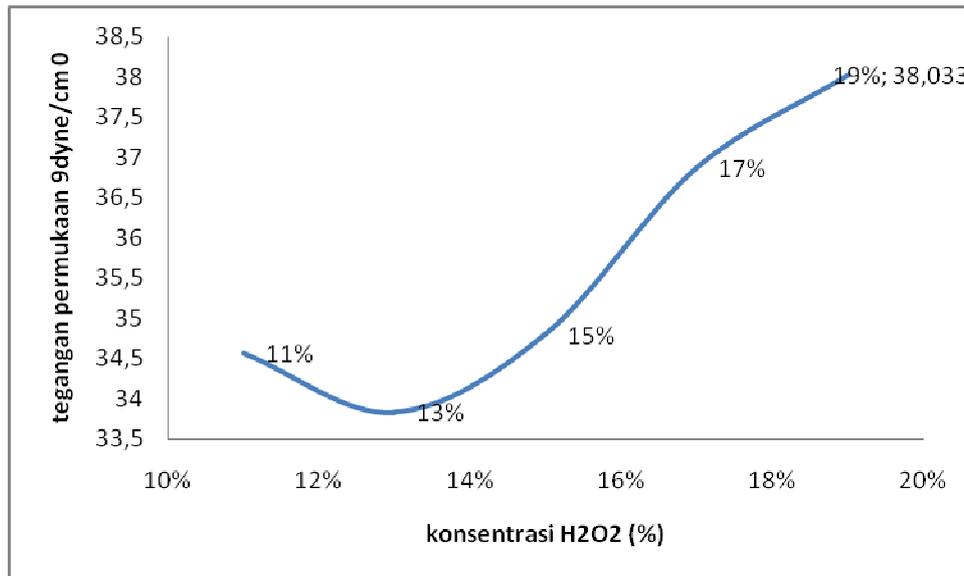


Gambar 10. Pengaruh penambahan asam sulfat terhadap berat jenis MES minyak jelantah

Nilai BJ yang tinggi diduga akibat terjadi reaksi polimerisasi dari metil ester sehingga terbentuk senyawa polimer yang berkonjugasi dan meningkatkan kekentalan dan berat jenis dari MES. Nilai BJ yang mendekati nilai antara minyak sawit, xylene dan air akan menghasilkan stabilitas emulsi yang tinggi. Dengan nilai yang berada agak jauh dari kisaran BJ ketiga bahan tersebut maka diperoleh nilai stabilitas yang relatif rendah.

#### **Pengaruh konsentrasi asam peroksida terhadap tegangan permukaan**

Hasil uji tegangan permukaan berkisar 33,83 – 38,03 dyne/cm. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi peroksida berpengaruh nyata terhadap nilai tegangan permukaan (Gambar 11).

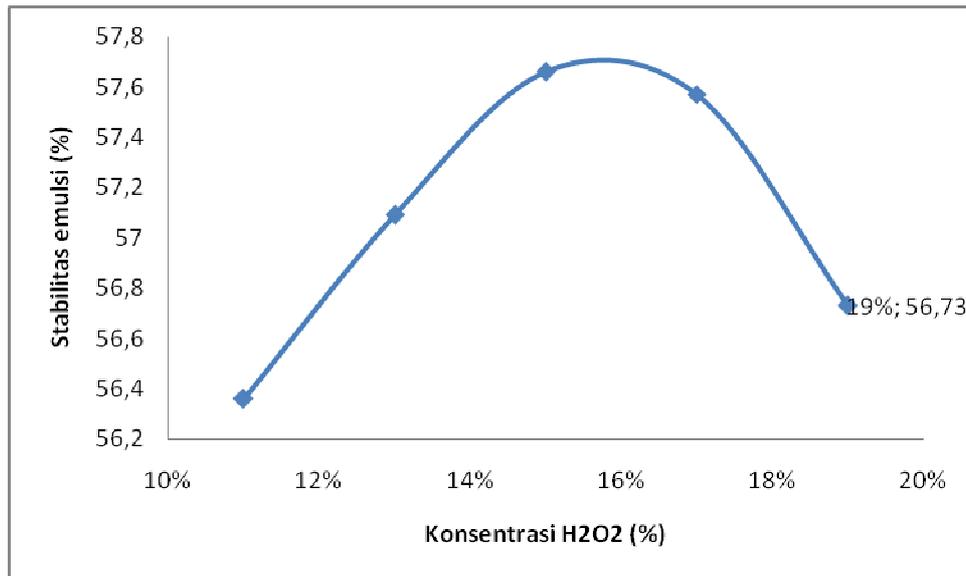


Gambar 11. Pengaruh konsentrasi peroksida terhadap berat jenis MES minyak jelantah

Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi penambahan peroksida akan meningkatkan nilai tegangan permukaan. Hal ini diduga karena peroksida merupakan oksidator kuat sehingga peningkatan konsentrasinya akan merusak gugus fungsional dari gugus sulfonat sehingga menurunkan kinerja MES sebagai penurun tegangan permukaan. Dimana gugus sulfonat merupakan gugus aktif yang bersifat sebagai penurun tegangan permukaan. (Abdu 92006) melaporkan bahwa penggunaan peroksida pada konsentrasi 10% menghasilkan MES dengan tegangan permukaan sebesar 30-37,7 dyne/cm.

### **Pengaruh konsentrasi asam peroksida terhadap stabilitas emulsi**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa stabilitas emulsi berkisar antara 56,36-57,66%. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan semua perlakuan tidak berpengaruh nyata. Peningkatan konsentrasi peroksida diatas 16% mampu menurunkan stabilitas emulsi (Gambar 12).



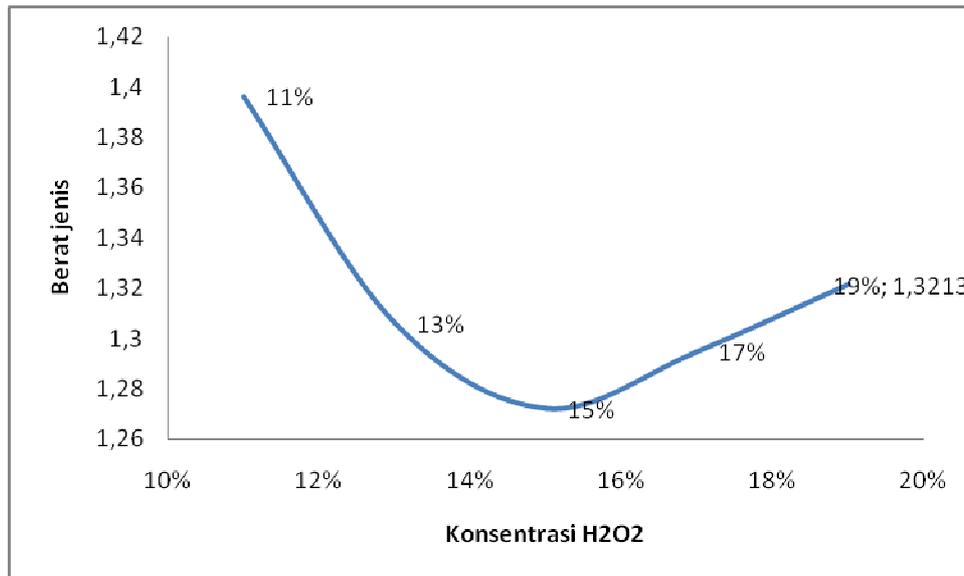
Gambar 12. Pengaruh konsentrasi peroksida terhadap stabilitas MES minyak jelantah

Stabilitas emulsi berhubungan dengan nilai tegangan permukaan. Semakin kecil nilai tegangan permukaan maka akan meningkatkan nilai stabilitas emulsi. Abdu (2006) melaporkan bahwa penggunaan peroksida pada konsentrasi 10% dapat menghasilkan stabilitas emulsi sebesar 62,5% pada MES dengan bahan baku dari CPO sedangkan Astrini melaporkan bahwa penggunaan peroksida sebesar 20% menghasilkan emulsi sebesar 57%.

Penurunan stabilitas emulsi diduga karena terjadi kerusakan akibat oksidasi dari MES oleh peroksida yang menghasilkan produk yang bukan bersifat sebagai zat penurun tegangan permukaan sehingga menyebabkan penurunan kemampuan membentuk emulsi.

### **Pengaruh konsentrasi asam peroksida terhadap berat jenis emulsi**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan konsentrasi peroksida menghasilkan berat jenis antara 1,272 hingga 1,396 g/ml. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa semua perlakuan tidak berbeda nyata secara statistik (Gambar 13)

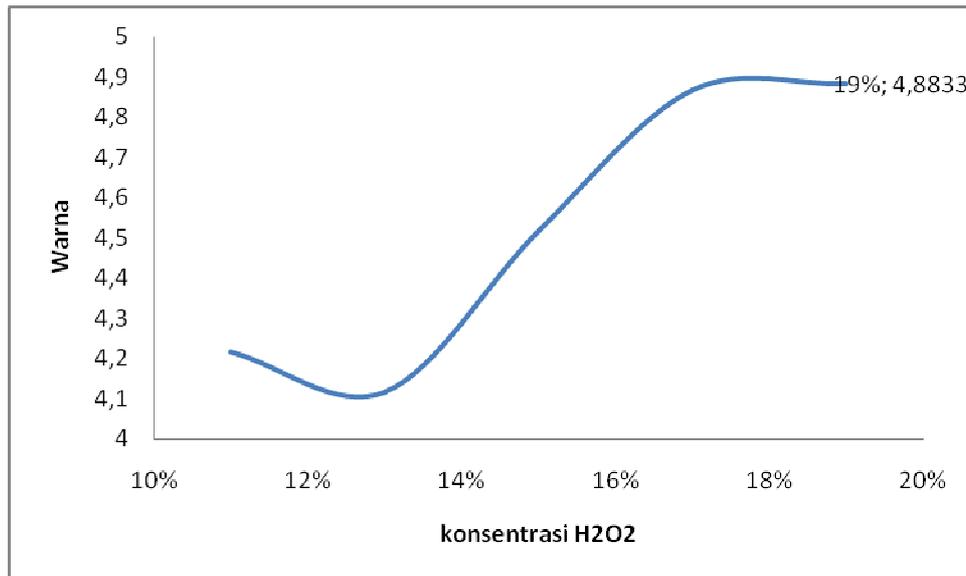


Gambar 13 Pengaruh konsentrasi peroksida terhadap berat jenis MES minyak jelantah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi peroksida lebih dari 16% akan meningkatkan nilai berat jenis MES yang dihasilkan. Nilai berat jenis minyak dihubungkan dengan fraksi berat komponen yang terkandung didalamnya. Semakin tinggi kadar fraksi berat suatu minyak maka berat jenis atau densitas akan semakin tinggi. Menurut Ketaren (2005), proses oksidasi yang dihasilkan akibat penambahan peroksida akan meningkatkan kadar peroksida dalam minyak.

#### **Pengaruh konsentrasi asam peroksida terhadap warna emulsi**

Hasil uji warna menghasilkan nilai antara 4,12 (agak putih) hingga 4,88 (putih). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi peroksida berpengaruh terhadap warna MES yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi peroksida yang digunakan akan meningkatkan derajat putih dari MES yang dihasilkan (Gambar 14).



Gambar 14. Pengaruh konsentrasi peroksida terhadap warna MES minyak jelantah

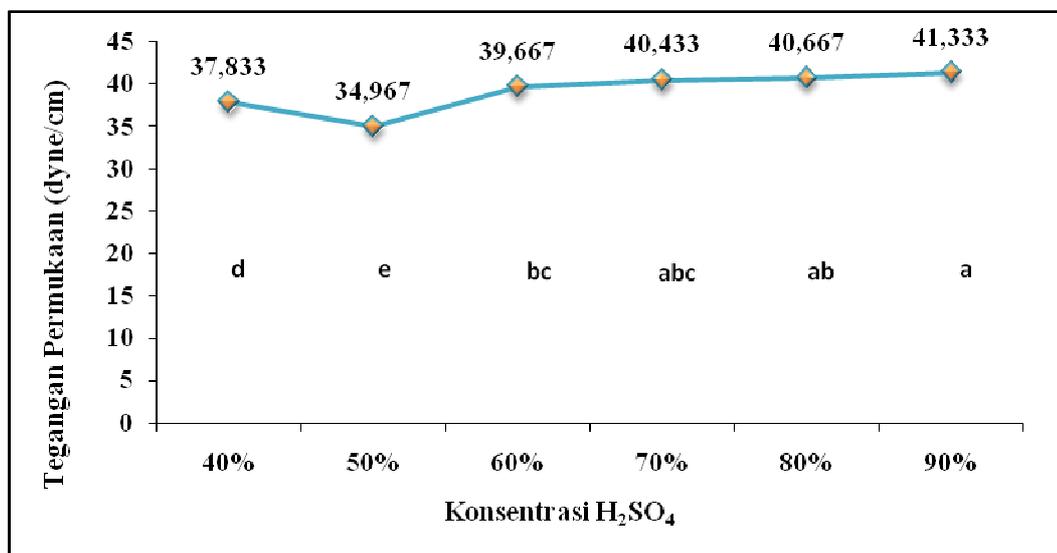
Peningkatan warna menjadi putih karena peroksida bersifat sebagai oksidator kuat sehingga mampu mengoksidasi ikatan rangkap yang ada pada MES sehingga menyebabkan terjadi peningkatan warna putih. Abdu (2006) melaporkan bahwa penggunaan peroksida sebesar 10% masih menghasilkan MES berwarna coklat kekuningan sedangkan hasil penelitian Luciana (2011), pemberian peroksida 1% masih menghasilkan awarna yang gelap.

#### **Pengaruh Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap Tegangan Permukaan pada Pembuatan Metil Ester Sulfonat dari CPO parit**

Hasil pengukuran tegangan permukaan MES berada pada kisaran 34,97 dyne/cm hingga 41,33 dyne/cm. Hasil pengukuran tegangan permukaan terendah diperoleh dari penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 50% yaitu sebesar 34,97 dyne/cm dan hasil tertinggi diperoleh dari penambahan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 90% yaitu sebesar 41,33 dyne/cm (Gambar 15).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi asam sulfat cenderung memperbesar nilai tegangan permukaan. Peningkatan nilai tegangan permukaan dikarenakan pada saat proses sulfonasi, penggunaan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan

konsentrasi yang semakin tinggi menyebabkan terjadinya peningkatan suhu yang cepat, yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan selama proses sulfonasi. Kerusakan yang ditimbulkan dapat mengakibatkan terhambatnya pembentukan gugus sulfonat. Peningkatan suhu juga dapat menyebabkan terjadinya reaksi samping berupa hidrolisis yang dapat menghasilkan senyawa-senyawa samping (asam metil sulfat) yang bukan merupakan senyawa penurun tegangan permukaan.



Gambar 15. Grafik pengaruh konsentrasi asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) terhadap tegangan permukaan Metil Ester Sulfonat (MES) dari CPO parit (huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan antar perlakuan)

Peningkatan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> juga dapat menghasilkan MES kasar yang memiliki pH lebih rendah dibanding dengan penggunaan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi yang lebih rendah. Hal ini dapat mengakibatkan meningkatnya penggunaan larutan NaOH dalam proses netralisasi yang menyebabkan keberadaan air lebih banyak sehingga gugus sulfonat yang terbentuk menjadi semakin berkurang maka nilai tegangan permukaan yang dihasilkan semakin tinggi. Gugus sulfonat merupakan senyawa aktif penurun tegangan permukaan pada MES, sehingga semakin banyak gugus sulfonat yang terbentuk maka

semakin rendah pula nilai tegangan permukaan yang dapat diturunkan. Meningkatnya penggunaan NaOH pada proses netralisasi akan mengakibatkan terbentuknya garam disodium karbosi sulfonat (*disalt*). Menurut Hidayati 2006, keberadaan *disalt* akan menurunkan kelarutan MES dalam air dingin, bersifat lebih sensitif terhadap air sadah, memiliki deterjensi 50% lebih rendah dan memiliki daya simpan produk yang rendah sehingga dapat menurunkan kinerja MES terutama dalam menurunkan tegangan permukaan.

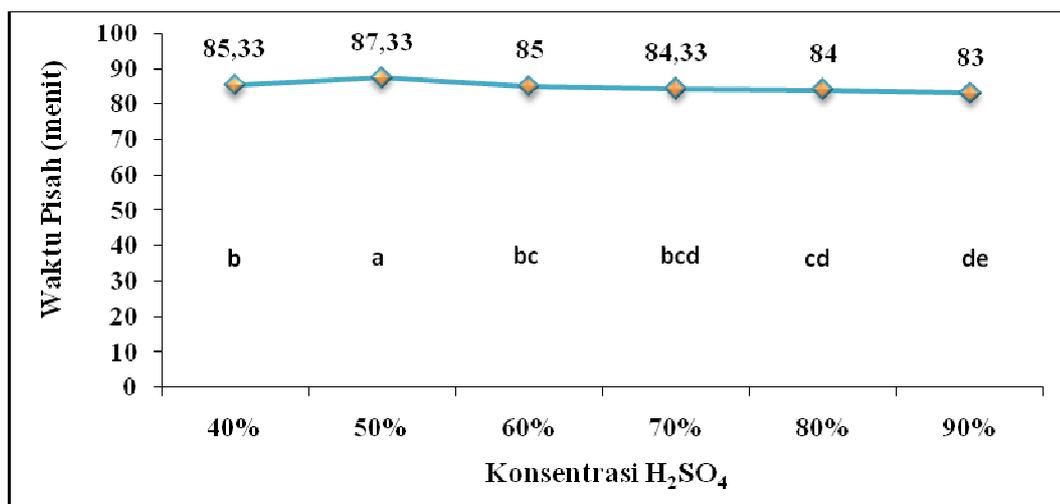
Hasil penelitian Abdu dkk. (2006) menunjukkan kondisi terbaik dari proses sulfonasi untuk menghasilkan MES dari CPO terjadi pada perlakuan lama reaksi 90 menit dari konsentrasi  $H_2SO_4$  80% dengan kemampuan menurunkan tegangan permukaan 37,93 %. Pada penelitian Putra dkk. (2006) diperoleh hasil terbaik pada proses pembuatan MES pada kondisi proses suhu sulfonasi  $65^\circ C$  konsentrasi  $H_2SO_4$  80% menggunakan metil ester dari inti sawit menghasilkan nilai tegangan permukaan sebesar 32,80%. Pada penelitian Dewanto (2008) dengan menggunakan bahan baku minyak kelapa sawit menunjukkan kondisi proses sulfonasi terbaik untuk menghasilkan MES adalah dengan menggunakan  $H_2SO_4$  7M dan lama reaksi 60 menit dengan karakteristik MES yang dihasilkan memiliki nilai tegangan permukaan sebesar 16,42 dyne/cm.

Pada penelitian Natalia (2011) dengan menggunakan bahan baku minyak jelantah menunjukkan kondisi proses sulfonasi terbaik untuk menghasilkan MES adalah dengan menggunakan  $H_2SO_4$  80% dan lama reaksi 75 menit menghasilkan MES terbaik dengan karakteristik nilai tegangan permukaan berkisar 27,35 dyne/cm sampai 34,5 dyne/cm. Pada penelitian Larassaty (2012) dengan menggunakan bahan baku minyak jelantah menunjukkan kondisi proses sulfonasi

terbaik untuk menghasilkan MES adalah proses sulfonasi dengan menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  80% (140 ml) dengan lama reaksi 75 menit menghasilkan MES terbaik dengan karakteristik nilai tegangan permukaan sebesar 33,83 dyne/cm.

### **Pengaruh Konsentrasi $\text{H}_2\text{SO}_4$ terhadap Stabilitas Emulsi pada Pembuatan Metil Ester Sulfonat dari CPO parit**

Hasil pengukuran nilai kestabilan emulsi MES berada pada kisaran waktu 83 menit sampai 87,33 menit. Hasil pengukuran nilai Kestabilan emulsi MES dari CPO parit terendah diperoleh dari penggunaan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  90% yaitu 83 menit sedangkan kestabilan emulsi tertinggi diperoleh dari pengujian MES dengan penggunaan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  50%. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik pengaruh konsentrasi asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) terhadap stabilitas emulsi Metil Ester Sulfonat (MES) dari CPO parit.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  menurunkan kestabilan emulsi MES tersebut. Peningkatan konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yang digunakan menghasilkan MES yang memiliki kestabilan emulsi yang semakin rendah. Peningkatan konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dapat meningkatkan suhu reaksi, peningkatan suhu tersebut dapat menyebabkan penurunan stabilitas emulsi akibat hidrolisis MES sehingga menurunkan zat aktif dari gugus sulfonat.

Pembentukan *disalt* pada saat proses netralisasi akibat penggunaan NaOH yang berlebih juga dapat mengakibatkan menurunnya kinerja MES dalam mempertahankan kestabilan emulsi. Nilai kestabilan emulsi yang dihasilkan berbanding terbalik dengan nilai tegangan permukaan. Semakin tinggi penurunan tegangan permukaan maka peningkatan stabilitas emulsi cenderung akan semakin tinggi. Sebaliknya, semakin rendah penurunan tegangan permukaan maka semakin rendah pula stabilitas emulsinya (Rivai, 2004).

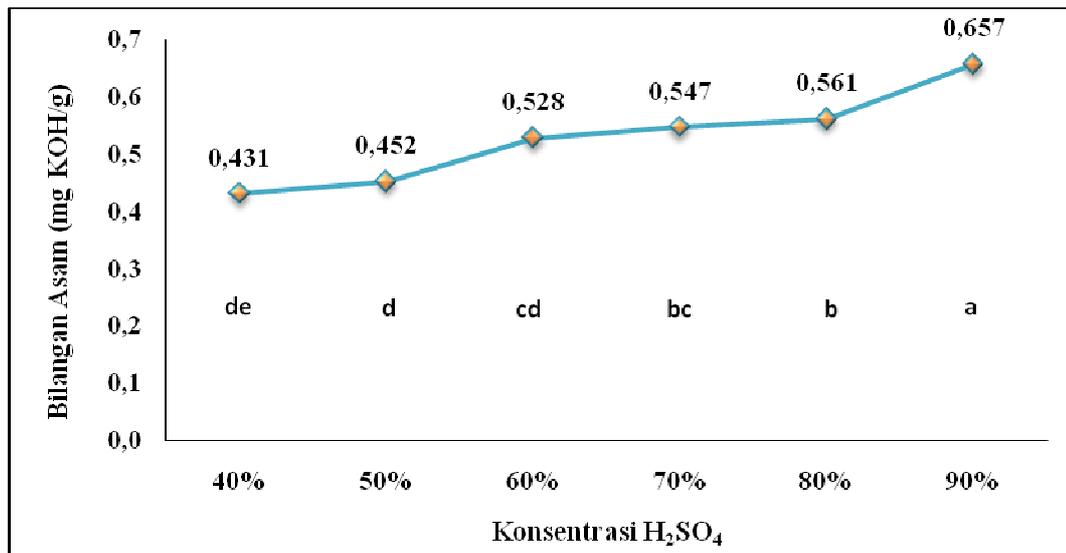
Penambahan surfaktan dapat menstabilkan suatu emulsi karena surfaktan menurunkan tegangan permukaan secara bertahap. Adanya penurunan tegangan permukaan secara bertahap akan menurunkan energi bebas yang diperlukan untuk pembentukan emulsi. Semakin rendah energi bebas pembentukan emulsi, maka emulsi akan semakin mudah terbentuk. Stabilitas emulsi terjadi ketika sistem dapat mempertahankan tetesan fase terdispersi, yaitu ketika penggabungan antar tetesan dapat dicegah oleh energi penghalang yang cukup besar (Sutriah *et al.*, 2006).

Tegangan permukaan menurun karena terjadi adsorpsi oleh surfaktan pada permukaan cairan dengan bagian ujung yang polar berada di air dan ujung hidrokarbon pada minyak. Akibatnya kemampuan surfaktan untuk mempertahankan pengikatan gugus polar pada bagian hidrofilik dan gugus non polar pada bagian hidrofobik akan berkurang sehingga molekul yang larut dalam air akan bergabung kembali (*coalesce*) dan terjadi proses pemisahan karena emulsi tidak stabil (Sutriah *et al.*, 2006). Prinsip dasar tentang kestabilan emulsi adalah kesetimbangan antara gaya tarik-menarik dan gaya tolak menolak yang terjadi antar partikel dalam suatu system emulsi. Apabila gaya ini dapat

dipertahankan tetap seimbang atau terkontrol, maka patikel-partikel dalam sistem emulsi dapat dipertahankan agar tidak bergabung (Anief, 1993). Kestabilan emulsi dapat rusak apabila terjadi pemanasan, proses sentrifugasi, pendinginan, penambahan elektrolit dan perusakan zat pengemulsi oleh pelarut.

### **Pengaruh Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap Bilangan Asam pada Pembuatan Metil Ester Sulfonat dari CPO parit.**

Hasil pengukuran bilangan asam MES berada pada kisaran 0,43 mg KOH/g hingga 0,66 mg KOH/g. Hasil pengukuran bilangan asam terendah diperoleh dari penggunaan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 40% yaitu sebesar 0,43 mg KOH/g dan hasil tertinggi diperoleh dari penggunaan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 90% yaitu sebesar 0,66 mg KOH/g. (Gambar 17).



Gambar 17. Grafik pengaruh konsentrasi asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) terhadap bilangan asam Metil Ester Sulfonat (MES) dari CPO parit (huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan antar perlakuan)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama konsentrasi asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) berpengaruh terhadap nilai bilangan asam MES dari CPO Parit.

Peningkatan suhu akibat peningkatan konsentrasi  $H_2SO_4$  menyebabkan peningkatan pembentukan peroksida dan hidroperoksida. Hidroperoksida pada proses oksidasi akan mengalami dekomposisi membentuk aldehid, keton, asam-asam karboksilat, alkohol, dan hidrokarbon (Ketaren, 1986). Hasil dekomposisi ini menyebabkan peningkatan bilangan asam MES dengan konsentrasi asam sulfat yang meningkat. Hasil penelitian Dunn (2002) menunjukkan bahwa peningkatan suhu dari  $75^{\circ}C$  menjadi  $125^{\circ}C$  selama 6 jam pada pemanasan metil ester dari kedelai akan meningkatkan bilangan asam dari 1,61 mg KOH/g sampel menjadi 4,22 mg KOH/g sampel. Peningkatan suhu akan menyebabkan peningkatan pembentukan sulfon dan reaksi samping, pada degradasi yang lebih lanjut akan menghasilkan pembentukan asam sulfur yang menyebabkan peningkatan bilangan asam.

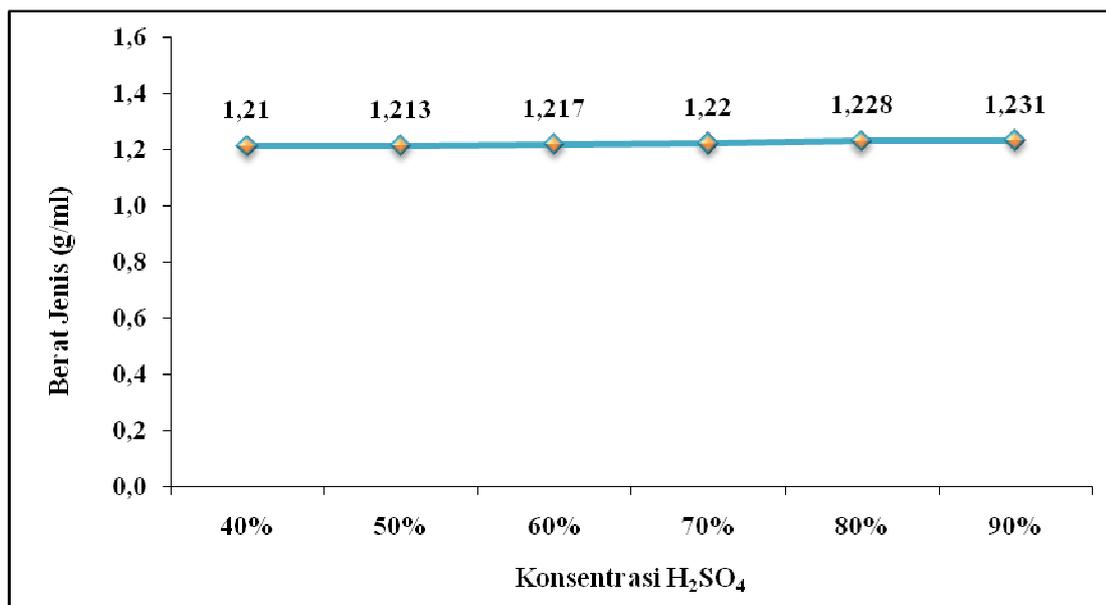
Hasil penelitian Natalia (2011) pada pembuatan MES dengan menggunakan bahan baku minyak jelantah menunjukkan kisaran nilai 7,12 hingga 19,26 mg KOH/g. Hal tersebut menunjukkan pola yang sama dengan hasil penelitian ini yaitu semakin tinggi konsentrasi asam sulfat akan meningkatkan bilangan asam. Asam sulfat merupakan oksidator yang dapat bereaksi dengan metil ester, dalam kondisi yang berlebihan akan mengoksidasi ester membentuk *disalt* dan hasil degradasi serta bereaksi membentuk metil sulfat sehingga meningkatkan bilangan asam (Sheats dan Arthur, 2002).

Bilangan asam didefinisikan sebagai jumlah miligram KOH yang dibutuhkan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam 1 gram zat. Bilangan asam adalah ukuran dari jumlah gugus asam karboksilat seperti asam lemak atau dalam bentuk campurannya. Bilangan ini menunjukkan banyaknya asam lemak

bebas yang ada dalam minyak akibat reaksi hidrolisis akibat reaksi kimia, pemanasan, atau proses fisika. Semakin tinggi bilangan asam maka semakin banyak minyak yang telah terhidrolisis. Oksidasi komponen-komponen minyak terutama golongan aldehid dapat membentuk gugus asam karboksilat sehingga akan menambah nilai bilangan asam. Hal ini juga dapat disebabkan oleh suhu dan lama sulfonasi yang tinggi, di mana pada kondisi tersebut kemungkinan terjadinya proses oksidasi sangat besar (Ketaren, 1986).

#### **Pengaruh Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap Berat Jenis pada Pembuatan Metil Ester Sulfonat dari CPO parit**

Hasil pengukuran berat jenis MES berada pada kisaran 1,20 g/ml sampai 1,23 g/ml (Gambar 18 ). Nilai berat jenis terendah diperoleh dari pengukuran MES dengan perlakuan penggunaan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 40% yaitu sebesar 1,20 g/ml, dan yang tertinggi diperoleh dari pengukuran MES dengan perlakuan penggunaan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 90% yaitu sebesar 1,23 g/ml. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbandingan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap MES yang digunakan tidak memiliki pengaruh nyata terhadap berat jenis yang dihasilkan.



Gambar 18. Grafik pengaruh konsentrasi asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) terhadap berat jenis Metil Ester Sulfonat (MES) dari CPO parit.

Berdasarkan grafik hubungan penambahan asam sulfat terhadap berat jenis MES menunjukkan bahwa pada pembuatan MES dengan penggunaan pereaksi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 40% menghasilkan MES dengan nilai berat jenis 1,21 g/ml, penggunaan pereaksi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 50% menghasilkan MES dengan nilai berat jenis 1,213 g/ml, penggunaan pereaksi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 60% menghasilkan MES dengan nilai berat jenis 1,217 g/ml, penggunaan pereaksi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 70% menghasilkan MES dengan nilai berat jenis 1,22 g/ml, penggunaan pereaksi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 80% menghasilkan MES dengan nilai berat jenis 1,228 g/ml, dan penggunaan pereaksi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 90% menghasilkan MES dengan nilai berat jenis 1,231 g/ml.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> maka nilai berat jenis MES yang dihasilkan semakin meningkat. Nilai berat jenis minyak sering dihubungkan dengan fraksi berat komponen-komponen yang terkandung di dalamnya, semakin tinggi kadar fraksi berat dari suatu minyak maka berat jenis atau densitas semakin tinggi. Berat jenis MES yang dihasilkan

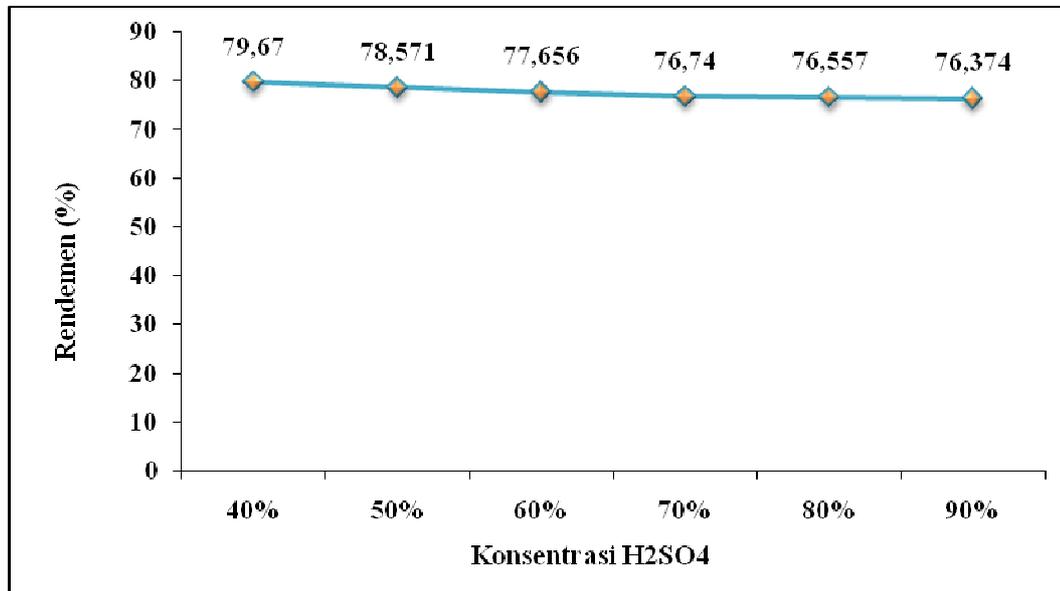
pada penelitian ini lebih besar jika dibandingkan penelitian Natalia (2011) dengan menggunakan pereaksi  $H_2SO_4$  80%, lama reaksi 75 menit dan suhu reaksi 50 sampai  $55^\circ C$  dengan menggunakan metil ester dari minyak jelantah menghasilkan nilai berat jenis MES berkisar 0,874 g/ml – 0,903 g/ml, hal ini dimungkinkan karena jumlah air yang ada pada MES. Air dalam proses oksidasi akan meningkatkan kadar peroksida dalam minyak. Setelah peningkatan kadar peroksida dalam lemak mencapai nilai maksimum, persentase oksigen dalam minyak akan meningkat secara bertahap. Pada tahap terakhir, proses polimerisasi akan meningkat dan ditandai dengan nilai kekentalan yang semakin meningkat. Peningkatan polimerisasi dan kekentalan tersebut diduga menyebabkan nilai berat jenis MES yang dihasilkan lebih tinggi (Ketaren, 1986).

Pada penelitian yang dilakukan Larassaty (2012) diperoleh MES berbahan baku minyak jelantah dengan pereaksi  $H_2SO_4$  80% dan lama waktu reaksi 75 menit menghasilkan MES dengan nilai berat jenis berkisar antara 1,34 g/ml – 1,36 g/ml. Pada penelitian Andriza (2012) diperoleh MES dengan menggunakan bahan baku minyak jelantah dengan pereaksi  $H_2SO_4$  80% dan lama waktu 70 menit menghasilkan MES dengan nilai berat jenis berkisar antara 1,27 g/ml – 1,39 g/ml.

### **Pengaruh Konsentrasi $H_2SO_4$ terhadap Rendemen pada Pembuatan Metil Ester Sulfonat dari CPO parit.**

Hasil pengukuran rendemen MES berada pada kisaran 79,67% sampai 76,37% (Gambar 19 ). Nilai rendemen terendah diperoleh dari pengukuran MES dengan perlakuan penggunaan  $H_2SO_4$  90% yaitu sebesar 76,37%, dan yang tertinggi diperoleh dari pengukuran MES dengan perlakuan penggunaan  $H_2SO_4$

40% yaitu sebesar 79,67%. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbandingan konsentrasi  $H_2SO_4$  terhadap MES yang digunakan tidak memiliki pengaruh nyata terhadap rendemen yang dihasilkan.



Gambar 19. Grafik pengaruh konsentrasi asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) terhadap rendemen Metil Ester Sulfonat (MES) dari CPO parit.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi  $H_2SO_4$  maka nilai rendemen MES yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini disebabkan karena  $H_2SO_4$  bersifat reaktif yang menyebabkan tumbukan partikel  $H_2SO_4$  dengan metil ester semakin mempercepat reaksi kerusakan yang dapat menghasilkan produk samping yang semakin meningkat. Peningkatan suhu akibat peningkatan konsentrasi asam sulfat akan menyebabkan terjadinya peningkatan reaksi samping seperti asam - asam berantai pendek berupa aldehid dan keton. Senyawa hasil reaksi samping tersebut merupakan fraksi yang mudah menguap, sehingga peningkatan konsentrasi  $H_2SO_4$  diyakini dapat mengurangi rendemen MES yang dihasilkan.

## RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA

Tujuan penelitian Tahun Pertama adalah mendapatkan optimasi proses pembuatan MES berbahan baku CPO parit dan minyak jelantah serta uji kinerja MES yang dihasilkan. Hasil pembuatan MES dengan bahan baku dari metil ester minyak jelantah menunjukkan bahwa kondisi proses yang terbaik terjadi pada penggunaan  $H_2SO_4$  80% dan lama reaksi 90 menit. Karakteristik MES yang dihasilkan yaitu nilai tegangan permukaan 27,35 dyne/cm, stabilitas emulsi 89,44%, bilangan asam 17,72%, nilai IFT pada konsentrasi MES 0,1% sebesar 4,81 dyne/cm, konsentrasi MES 0,5% sebesar 2,68%, konsentrasi MES 1% sebesar 0,1149 dyne/cm dan konsentrasi 2% sebesar 0,0361 dyne/cm dengan menggunakan air formasi pada salinitas 10.000 ppm dan memiliki IFT yang lebih kecil dibanding surfaktan komersial. Penambahan asam sulfat sebesar 120 ml pada lama reaksi 75 menit menghasilkan tegangan permukaan 34,67 dyne/cm, stabilitas emulsi 54,11% dan berat jenis 1,34 g/ml. Pemberian asam peroksida pada konsentrasi 11% menghasilkan karakteristik terbaik yaitu nilai tegangan permukaan 34,57 dyne/cm, stabilitas emulsi 56,37%, berat jenis 1,39 g/ml dan warna 4,22 (agak putih).

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. Tahun Kedua diamati pengaruh suhu, lama pemanasan, salinitas dan kesadahan terhadap ketahanan MES dari proses terbaik yang diperoleh pada Tahun Pertama dan Tahun Ketiga adalah uji adsorpsi batuan dan pengujian 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*.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### 7.1 Kesimpulan

Hasil penelitian adapat disimpulkan yaitu:

1. Hasil pembuatan MES dengan bahan baku dari metil ester minyak jelantah menunjukkan bahwa kondisi proses yang terbaik terjadi pada penggunaan  $H_2SO_4$  80% dan lama reaksi 90 menit. Karakteristik MES yang dihasilkan yaitu nilai tegangan permukaan 27,35 dyne/cm, stabilitas emulsi 89,44%, bilangan asam 17,72%, nilai IFT pada konsentrasi MES 0,1% sebesar 4,81 dyne/cm, konsentrasi MES 0,5% sebesar 2,68%, konsentrasi MES 1% sebesar 0,1149 dyne/cm dan konsentrasi 2% sebesar 0,0361 dyne/cm dengan menggunakan air formasi pada salinitas 10.000 ppm dan memiliki IFT yang lebih kecil dibanding surfaktan komersial.
2. Penambahan asam sulfat sebesar 120 ml pada lama reaksi 75 menit menghasilkan tegangan permukaan 34,67 dyne/cm, stabilitas emulsi 54,11% dan berat jenis 1,34 g/ml.
3. Pemberian asam peroksida pada konsentrasi 11% menghasilkan karakteristik terbaik yaitu nilai tegangan permukaan 34,57 dyne/cm, stabilitas emulsi 56,37%, berat jenis 1,39 g/ml dan warna 4,22 (agak putih).
4. Hasil pembuatan Metil Ester Sulfonat (MES) berbahan baku metil ester dari CPO parit menunjukan bahwa penggunaan  $H_2SO_4$  terbaik terhadap karakteristik MES dari CPO parit yang dihasilkan adalah penggunaan  $H_2SO_4$  50%. Karakteristik MES terbaik yang dihasilkan memperlihatkan nilai rata-rata tegangan permukaan 34,97 dyne/cm, kestabilan emulsi 87,33 menit, bilangan asam 0,45 mg KOH/g, berat jenis 1,213 g/ml dan rendemen 78,57%.

### 7.2 Saran

Perlu dilakukan kajian yang lebih mendalam terhadap potensi surfaktan MES dari CPO parit maupun minyak jelantah untuk surfaktan flooding

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdu, S., E. Noor, dan E. Hambali. 2006. Kajian Proses Produksi Surfaktan MES dari Minyak Inti Sawit dengan menggunakan Reaktan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. 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. Plazanet 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  $\alpha$  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. Suddiby. 1998. Penggunaan Surfaktan dan Co-Surfaktan Terhadap Peningkatan Perolehan Minyak. Di dalam: Proseding 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\\_surfactant\\_s.ppt](http://www.unmc.edu/pharmacy/wwwcourse/p_surfactants_00_files/p_surfactant_s.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 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan Lama Reaksi Sulfonasi terhadap Kinerja Surfaktan Metil Ester Sulfonat (MES) yang dihasilkan. (Skripsi). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- 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](http://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.
- 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](http://www.unisource.ca/upload/tools/facility_supply_glossary_en_g.pdf) [30 November 2006]
- www. Kompas.com
- AOAC., (1995), Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. AOAC, Washington, pp. 652-684.

- American Society for Testing and Material (ASTM)., (2001), Annual Book of ASTM Standards: Soap and Other Detergents, Polishes, Leather, Resilient Floor Covering, Baltimore: ASTM, pp. 275-277.
- Dunn, RO., (2002). Effect of Oxidation Under Accelerated Conditions on Fuel Properties of Methyl Soyate (biodiesel), *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 79., pp. 915-919.
- Edison, R dan Hidayati, S., (2009), Production Surfactant Methyl Ester Sulfonate (MES) of Jatropha Oil (*Jatropha Curcas* L.) With Temperature and Time Sulfonation, Temperature Purification, and Concentration Methanol Settings. *Proceeding International Seminar on Sustainable Biomass Production and Utilization Challenges and Oppurtunities (ISOMASS) August*, pp 250-263.
- Elrais, I.M.Tan., Awang, M and Saaid, I., (2010), The Syntesis and performance of Sodium Methyl Ester Sulfonates for Enhanced Oil Recovery, *Petroleum Science and Technology*, 28, pp. 1799-1806.
- Foster, N.C., (1996), *Sulfonation and Sulfation Processes*. The Chemithon Corporation. [http://www.chemithon.com/papers\\_brochures/Sulfo\\_and\\_Sulfa.doc.pdf](http://www.chemithon.com/papers_brochures/Sulfo_and_Sulfa.doc.pdf) [30 November 2005]
- Gardner, J.E. and Hayes, M.E., (1983), *Spinning Drop Interfacial Tensiometer Instruction Manual*. Department of Chemistry. Universitas of Texas, Austin, pp. 11-15.
- Hidayati, S., (2006), Perancangan Proses Produksi Metil Ester Sulfonat dari Minyak Sawit Inti Sawit dan Uji Efektivitasnya untuk Pendesakan Minyak Bumi, *Disertasi*, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Hu, P.C and Tuvell, M.E., (1988), A Mechanistic Approach to the Thermal Degradation of  $\alpha$  Olefin Sulfonates, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 65, pp. 1007-1012.
- Martinez, D., Gustavo O, Sandra R., and Ivan G., (2010). Simulation and Pre Feasibility Analysis of The Production Process of  $\alpha$  methyl Ester Sulfonates ( $\alpha$  MES). *Bioresource Technology*, Vol. 101, pp. 8762-8771.
- Masuda M., (1995), Environmental Aspect of Detergent materials-Biodegradation of detergent Surfactant. Proc of the 21<sup>st</sup> World Conggres of the International Society for fat Research (ISF), PS Barnes and Associates, pp. 649-653.
- Moreno, J.B, Bravo, J and Berna, J.L., ( 1988), Influence of sulfonated material and its sulfone content on the physical of linier alkyl benzene sulfonates. *Journal of the American Oil Chemists' Society* ., Vol. 65 (6), pp. 1000-1006.

- Putra, D.N., Syamsu, K dan Suryani, A., (2006), Kajian Pengaruh Konsentrasi  $H_2SO_4$  dan Suhu Reaksi pada Proses Produksi Surfaktan Metil Ester Sulfonat (MES) dengan Metode Sulfonasi, Kementrian Negara Riset dan Teknologi RI-Institut Pertanian Bogor, Bogor pp. 65-70.
- Rivai, M., ( 2004), Kajian Pengaruh Nisbah Reaktan  $H_2SO_4$  dan Lama Reaksi Sulfonasi terhadap Kinerja Surfaktan Metil Ester Sulfonat (MES) yang dihasilkan. *Master Thesis*. Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Salmiah, A., Zakariah I and Jasmin, S., (1998), Palm based Sulphonates Methyl Ester and Soap. *Journal Oil Palm Research*, Vol. 10, pp. 15-35.
- Samuelsson, J dan Johansson, M., (2003), Oxidation of FA with Alkana or Alkyl Functionalities Studied with Chemiluminescence and real Time IR Spectroscopy. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 80 (5), pp. 491-496.
- Sidjabat, J., (2004), Kandungan Minyak Goreng. *Lembaran Lemigas*, Vol. 8 (1), pp. 39-50.
- Siregar, S., Mardisewojo, P dan Sulistyarso, H.B., (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 6 (4), pp 21-27.
- Watkins, C. 2001. All Eyes are on Texas. INFORM 12 : 1152-1159. [terhubung berkala]. <http://www.chemithon.com> [26 Februari 2003].

## Lampiran 1. Instrumen

### 1. Sarana

Sarana yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari:

- a. Laboratorium Analisis Hasil Pertanian jurusan Teknologi Hasil Pertanian yang dilengkapi dengan alat pembuatan metil ester sulfonat berupa digester pemasak, alat gelas serta alat-alat pendukung analisis kimia.
- b. Laboratorium EOR Institut Teknologi Bandung dengan sarana dapat mengukur pendesakan minyak bumi (oil displacement)
- c. Laboratorium Miscellar Lemigas, Jakarta dilengkapi alat untuk pengukuran tegangan antarmuka, densitas dan UV-Visible.
- d. Laboratorium Biomass Universitas Lampung dilengkapi dengan alat Fourier Transform Infra Red dan Gas Kromatografi
- e. Keterangan Tambahan: Laboratorium Miscellar di lemigas menerima mahasiswa penelitian dengan lingkungan kerja yang kondusif dan sarana yang sangat memadai dan ahli-ahli yang berkecimpung dibidang surfaktan untuk EOR.





## Lampiran 2. Susunan Organisasi Tim Peneliti dan Pembagian Tugas

Nama	NIDN	Bidang Ilmu	Alokasi waktu(jam/ minggu)	Uraian tugas
Dr. Sri Hidayati	0030097102	Kimia Hasil Pertanian	20	- Mengontrol pekerjaan produksi MES - Memberi pengarahan pekerjaan teknisi dan mahasiswa - Membuat laporan - Analisis data
Dra. Ilim, M.Sc	0025056505	Kimia Fisik koloid	20	- Membantu mengontrol pekerjaan penelitian - Melakukan analisis uji sifat kimia dan fisik - Membantu menganalisis data
Prof. Pudji Permadi	0004035302	Ekspolrasi minyak	20	- Mengontrol pekerjaan sehubungan dengan uji displacement - Mengontrol pekerjaan sehubungan dengan uji kinerja MES pada EOR
Joko Sugiyanto		Analisi Kimia	5	- Membantu analisis sifat kimia MES - Membantu menyediakan bahan kimia

### Ketua peneliti

1.1	Nama Lengkap	Dr. Sri Hidayati, S.T.P, M.P
1.2	Jabatan Fungsional	Lektor kepala
1.3	NIP	19710930 199512 2 001
1.4	Tempat dan Tanggal Lahir	Bandarjaya, 30 September 1971
1.5	Alamat Rumah	Jl Perum Polri gang Rajawali No 3 Rajabasa
1.6	Nomor Telepon / Faks	-

1.7	Nomor HP	085841147700
1.8	Alamat Kantor	Jl.Sumantri Brojonegoro No 1 Bandar lampung
1.9	Nomor Telepon / Faks	0721-781823/0721-781823
1.10	Alamat e-mail	Hidayati_thp@unila.ac.id
1.11	Lulusan yang telah dihasilkan	S1= 17 orang, S2= 5 orang, S3=0 orang
1.12	Mata Kuliah yang diampu	1. Teknologi Bioenergi 2. Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan 3. Kimia Fisikokolloid 4. Metode Ilmiah 5. Rancangan Percobaan 6. Teknologi Minyak dan lemak lanjut 7. Manajemen Agroindustri 8. Teknologi karet

## I. RIWAYAT PENDIDIKAN

	<b>S -1</b>	<b>S - 2</b>	<b>S - 3</b>
<b>Nama PT</b>	Universitas Lampung	Universitas Gadjah Mada	Institut Pertanian Bogor
<b>Bidang Ilmu</b>	Pertanian	Teknologi Pertanian	Teknologi Pertanian
<b>Tahun Masuk - Lulus</b>	1990-1995	1996-1999	2002-2006
<b>Judul Tugas Akhir</b>	Pembuatan produk makanan ekstruksi ubikayu:kedelai dan jagung	Pembuatan CMC dari ampas Tebu	Perancangan Proses produksi MES dari Minyak Sawit dan Uji Efektivitasnya pada Pendesakan

			Minyak Bumi
<b>Nama Pembimbing/ Promotor</b>	Dr. Siti Nurdjanah	Prof. Kapti Rahayu	Prof. Ani Suryani, DEA

## II. PENGALAMAN PENELITIAN

No	Tahun	Judul Penelitian	Penda naan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1	2008	Kajian Proses pembuatan MES dari Minyak Jarak pagar dan CPO dari Sawit serta Uji Efektivitasnya untuk Pendesakan Minyak Bumi	Hibah Bersaing Th 1	45
2	2009	Kajian Proses pembuatan MES dari Minyak Jarak pagar dan CPO dari Sawit serta Uji Efektivitasnya untuk Pendesakan Minyak Bumi	Hibah Bersaing Th 2	45
3	2010	Karakteristik Gugus Sulfonat dan perubahan Komposisi Metil Ester akibat Kerusakan Panas pada MES dari Sawit dan Jarak pagar	Fundame ntal thn 1	30
4	2011	Karakteristik Gugus Sulfonat dan perubahan Komposisi Metil Ester akibat Kerusakan Panas pada MES dari Sawit dan Jarak pagar	Fundame ntal thn 2	35
5	2006	Optimasi MES dari Minyak sawit C16 dan C18 dan Uji sifat Kimia	PDM	5

## III. PENGALAMAN PENGABDIAN MASYARAKAT

*Urutkan judul pengabdian kepada masyarakat yang pernah dilakukan (sebagai ketua) selama 5 tahun terakhir dimulai dari yang paling diunggulkan menurut Saudara sampai pengabdian kepada masyarakat yang tidak diunggulkan.*

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Penda naan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)

1	2010	Penyuluhan Pemanfaatan Minyak Jelantah di desa Rajabasa Raya, Bandar Lampung	Mandiri	
2	2010	Penyuluhan Peningkatan Nilai Tambah Produk Pangan Non Beras di Kabupaten Pesawaran	Mandiri	
3	2006	Pelatihan Teknik Manajemen Produksi Emping di Lampung Tengah	DIPA	3

#### IV. PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL

(Tidak termasuk Makalah Seminar/*Proceedings*, Artikel di Surat Kabar)

Urutkan judul artikel ilmiah yang pernah diterbitkan selama 5 tahun terakhir dimulai dari artikel yang paling diunggulkan menurut Saudara sampai penelitian yang tidak diunggulkan.

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume / Nomor	Nama Jurnal
1.	2009	Pengaruh Rasio Mol, Suhu dan lama reaksi terhadap Bilangan Iod, Bilangan Asam d, Bilangan peroksida dan kandungan Sulfonat Surfaktan dari CPO.	Vol 2 No. 2.	Jurnal Riset Kimia
2.	2007	Pengaruh kesadahan dan salinitas terhadap Kinerja surfaktan berbasis kelapa sawit.	Vol 15, NO. 5	Agritek
3.	2007	Pengaruh suhuan lama pemanasan terhadap kerusakan gugus sulfonat	Vol 15, NO. 6.	Agritek
4.	2006	Penentuan Gugus Sulfonat Hasil degradasi Panas pada metil Ester Sulfonat menggunakan Fourier Transform Infrared Spectroscopy.	Vol. 2, No 2 (78-82).	Jurnal Lamina Media Publikasi ilmiah
5.	2006	Optimasi Proses Pembuatan Metil Ester Sulfonat dari Minyak Inti Sawit.	Volume 15, No. 3 (96-101).	Jurnal Teknologi Industri Pertanian

6.	2010	Proses pembuatan Pulp berbasis Ampas tebu:bamboo dengan metode Acetosolve.	Volume 3 No. 2	Jurnal riset Kimia
7	2010	Studi Analisis Finansial Kelayakan Industri Biokerosen Pada Kapasitas Yang Berbeda Di Lampung.	Vol 3, No.2	Jurnal Agribisnis Terpadu
8	2010	Kajian Penggunaan Asam Perasetat untuk pemutihan Pulp Bagase hasil Organosolve	Vol 2, No 1	Jurnal Agroekot eknologi

#### VI. PENGALAMAN PENULISAN BUKU

*Urutkan judul buku yang pernah diterbitkan selama 5 tahun terakhir dimulai dari buku yang paling diunggulkan menurut Saudara sampai buku yang tidak diunggulkan.*

No	Tahun	Judul Buku	Jumlah Halaman	Penerbit
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

#### VII. PENGALAMAN PEROLEHAN HKI

*Urutkan judul HKI yang pernah diterbitkan 5-10 tahun terakhir.*

No	Tahun	Judul Tema/HAKI	Jenis	No P/ID
1.				

#### VIII. PENGALAMAN MERUMUSKAN KEBIJAKAN PUBLIK/REKAYASA SOSIAL LAINNYA

*Urutkan judul rumusan kebijakan/rekayasa sosial lainnya yang pernah dbuat/ditemukan selama 5 tahun terakhir.*

No	Tahun	Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan	Tempat Penerapan	Respon Masyarakat
1.				

2.				
3.				

Bandar Lampung, 20 September 2013

Ketua Pengusul

Dr. Sri Hidayati, M.P

1.1	Nama Lengkap	Pudji Permadi, M.Sc., Ph. D.
1.2	Jabatan Fungsional	Guru Besar
1.3	NIP	130889801
1.4	Tempat dan Tanggal Lahir	Jakarta, 04 Maret 1953
1.5	Alamat Rumah	Jalan Bojong Kaler 1/4, Bandung
1.6	Nomor Telepon / Faks	022-2512571
1.7	Nomor HP	08156011200
1.8	Alamat Kantor	Jalan Ganesa 10, Bandung
1.9	Nomor Telepon / Faks	022-2504955
1.10	Alamat e-mail	pujdi@tm.itb.ac.id
1.11	Lulusan yang telah dihasilkan	S1, S2 & S3 Bidang Teknik Perminyakan
1.12	Mata Kuliah yang diampu	9. Petrofisika
		10. Petrofisika Lanjut
		11. Metoda Penelitian
		12.
		13.
		14.

	15.
	16.

## V. RIWAYAT PENDIDIKAN

	S - 1	S - 2	S - 3
<b>Nama PT</b>	ITB	USC	NMIMT
<b>Bidang Ilmu</b>	Tek. Perminyakan	Tek. Perminyakan	Tek. Perminyakan
<b>Tahun Masuk - Lulus</b>	1972 - 1978	1983 - 1985	1986 - 1990
<b>Judul Tugas Akhir</b>	Efektivitas Injeksi Uap	Displacement of oil by water	Wettability of core-oil-brine
<b>Nama Pembimbing/ Promotor</b>	Ir. Bambang T.	Dr. Y. Yortsos	Dr. N. Morrow

## VI. PENGALAMAN PENELITIAN

No	Tahun	Judul Penelitian	Penda naan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1.	2000	Water coning pada sumur horizontal	DIKTI	90
2.	2004	Interrelationship among rock properties	CPI	220
3.	2010	Reistivity of intra-formation shale	Chevron	170
4.				

5.				
----	--	--	--	--

## VII. PENGALAMAN PENGABDIAN MASYARAKAT

*Urutkan judul pengabdian kepada masyarakat yang pernah dilakukan (sebagai ketua) selama 5 tahun terakhir dimulai dari yang paling diunggulkan menurut Saudara sampai pengabdian kepada masyarakat yang tidak diunggulkan.*

No	Tahun	Judul Pengabdian Kepada Masyarakat	Penda naan	
			Sumber	Jml (Juta Rp)
1.	2006	Simulasi Reservoir Talang Jimar	Pertamina	300
2.	2010	Preliminary study of CO2 Injection	Petrochina	170
3.				

## VIII. PENGALAMAN PENULISAN ARTIKEL ILMIAH DALAM JURNAL

**(Tidak termasuk Makalah Seminar/Proceedings, Artikel di Surat Kabar)**

*Urutkan judul artikel ilmiah yang pernah diterbitkan selama 5 tahun terakhir dimulai dari artikel yang paling diunggulkan menurut Saudara sampai penelitian yang tidak diunggulkan.*

No	Tahun	Judul Artikel Ilmiah	Volume / Nomor	Nama Jurnal
1.	2000	Studi perbandingan Kehilangan Produksi Sumur-Sumur Horizontal dan Vertikal Akibat Kerusakan Formasi produktif	Vol VII, No. 3	Jurnal Teknologi Mineral
2.	1996	Usulan Metoda Prediksi Kinerja Sumur Horizontal	Vol II, No. 1	Jurnal Teknologi Mineral
3.	1995	Kajian Beberapa Metode Penentuan Proeuktivitas Sumur Horizontal	Vol. 3 No. 4	Jurnal Teknologi Minyak

				dan gas Bumi
4.	1992	Produksi Minyak Bumi dengan Menitikberatkan Sifat Antar permukaan	No. 1-2	Jurnal Teknologi Minyak dan gas Bumi
5.	1984	Efisiensi Aliran Sumur dengan Perforated Completion.	No. 7	Jurnal Teknologi Minyak dan gas Bumi

### Lampiran 3. Publikasi/Jurnal

#### Korespondensi bukti penerimaan jurnal

From : Majalah Reaktor Rab, Juli 29, 2013 02:59 AM  
<reaktor\_tkundip@yahoo.com>  
Subject : Re: Mohon info tentang surat pernyataan 1 attachment  
To : hidayati thp <hidayati\_thp@unila.ac.id>  
Reply Majalah Reaktor  
To : <reaktor\_tkundip@yahoo.com>

[Reply](#)   [Reply All](#)   [Forward](#)   [Print](#)

Yth. Ibu Sri Hidayati  
UNILA

Tutur berduka cita ibu Sri, semoga almarhumah mendapat tempat yg layak di sisi Nya.

Bersama ini kami kirimkan surat pernyataan artikel, mohon di isi dan dikirimkan kembali ke Jurnal Reaktor.

Kami tunggu.

Salam

Jurnal Reaktor

---

**From:** "hidayati\_thp@unila.ac.id" <hidayati\_thp@unila.ac.id>  
**To:** Majalah Reaktor <reaktor\_tkundip@yahoo.com>  
**Sent:** Wednesday, juli 29, 2013 8:46 AM  
**Subject:** Mohon info tentang surat pernyataan

Kepada yth:  
Dewan Redaksi majalah Reaktor

Assalamualaikum wr wb,

Sebelumnya saya haturkan terimakasih atas pemberitahuannya, mhn maaf terlambat membuka email karena berhubung ibunda saya dipanggil ke rahmatulloh hari sabtu kemarin jadi beberapa hari saya tidak membuka email. Sekali lagi saya mohon maaf karena saya bermaksud meminta petunjuk pembuatan surat pernyataan artikel.....(maaf pak, saya tidak punya contohnya), apakah ada format tersendiri atau saya membuat sendiri. Atas petunjuk dan perhatian Bapak, saya haturkan terimakasih.

Wassalam wr wb,

Hormat saya

Sri Hidayati

----- Original Message -----

From: Majalah Reaktor <[reaktor\\_tkundip@yahoo.com](mailto:reaktor_tkundip@yahoo.com)>

To: hidayati thp <[hidayati\\_thp@unila.ac.id](mailto:hidayati_thp@unila.ac.id)>

Sent: Fri, 24 juli 2013 14:55:24 +0700 (WIT)

Subject: Re: Fw: konfirmasi pembayaran

Yth. Ibu Sri Hidayati

Kami belum menerima surat pernyataan artikelnya Bu Sri.

Ditunggu.

Terima kasih.

Salam

Jurnal Reaktor

---

From: "[hidayati\\_thp@unila.ac.id](mailto:hidayati_thp@unila.ac.id)" <[hidayati\\_thp@unila.ac.id](mailto:hidayati_thp@unila.ac.id)>

To: Majalah Reaktor <[reaktor\\_tkundip@yahoo.com](mailto:reaktor_tkundip@yahoo.com)>

Sent: Friday, juli 24, 2013 10:10 AM

Subject: Re: Fw: konfirmasi pembayaran

Kepada Yth:

Bapak Dewan Redaksi majalah Reaktor

Assalamualaikum wr wb,

Dengan ini saya sampaikan pembayaran jurnal reaktor sebesar Rp. 850.000,- untuk penambahan jumlah eksemplar. Mohon dikirimkan pada: Dr. Sri Hidayati, M.P

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Jl Sumantri Brojonegoro

No. 1 Bandar Lampung

Terimakasih banyak atas perhatian bapak dan bantuannya selama ini.

Hormat Saya

Sri Hidayati

----- Original Message -----

From: Majalah Reaktor <[reaktor\\_tkundip@yahoo.com](mailto:reaktor_tkundip@yahoo.com)>

To: hidayati thp <[hidayati\\_thp@unila.ac.id](mailto:hidayati_thp@unila.ac.id)>

Sent: Wed, 22 juli 2013 09:01:12 +0700 (WIT)

Subject: Re: Fw: Perbaikan jurnal an Sri Hidayati 4 dan koreksian dari reviewer

No : 16/REAKTOR/V/2013

Lampiran : 2 (dua) berkas

Hal : Administrasi  
Penerbitan Artikel

Kepada Yth. Sdri.  
Sri Hidayati  
Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Unila  
Jl . Sumantri Brojonegoro No. 1  
Bandar Lampung 35145

Dengan hormat,

Berhubung artikel Saudara yang  
berjudul :

OPTIMASI  
PRODUKSI METIL ESTER SULFONAT DARI MINYAK JELANTAH

Sudah siap diterbitkan di Jurnal Reaktor Volume 16 Nomor 3 Oktober  
212 dimohon segera melengkapi syarat administrasi sebagai  
berikut :

- Biaya penerbitan artikel sebesar Rp.650.000,- ( Enam ratus ribu ribu  
rupiah), apabila menghendaki lebih dari 2 (dua)  
eks dikenakan biaya pengganti ongkos cetak dan pengiriman sebesar Rp.  
100.000,- setiap 1 (satu) eks.

Biaya penerbitan tersebut bisa di  
transfer ke Bank BNI 46 Cabang Undip  
Semarang  
a.n Nur Rokhati No. Rek. 0033134390.  
Artikel akan diterbitkan apabila syarat administrasi tersebut sudah  
dipenuhi.

Atas perhatian dan kerjasamanya kami sampaikan terima kasih.

Semarang juli 2013  
Pimpinan

Redaksi,

Prof. Dr. Ir. Bambang Pramudono,

MS

NIP. 19520312 197501 1 00 4

NB: Bukti Transfer mohon di  
Fax ke no. : 024 - 76480675

From: "[hidayati\\_thp@unila.ac.id](mailto:hidayati_thp@unila.ac.id)" <[hidayati\\_thp@unila.ac.id](mailto:hidayati_thp@unila.ac.id)>  
To: [reaktor\\_tkundip@yahoo.com](mailto:reaktor_tkundip@yahoo.com)  
Sent: Tuesday, juli 7, 2013 9:57 AM  
Subject: Re: Fw: Perbaikan jurnal an Sri Hidayati 4 dan koreksian dari reviuwer

Kepada Yth:  
Dewan Redaksi Majalah Reaktor

Dengan Hormat,

Sebelumnya saya haturkan terimakasih sedalam-dalamnya atas koreksinya.  
Dengan ini saya kirimkan perbaikan yang sudah saya lakukan (penandaan dengan warna biru), tetapi mengenai penulisan kalimat penulisan Volume untuk Daftar Pustaka ternyata tidak ada petunjuk penulisannya. Sekali lagi terimakasih atas koreksinya.

Hormat Saya

Sri Hidayati

## **Seminar Maksi Mengirim Poster dan makalah**

# **Poster POIDeC 2013**

Inbox x



Masyarakat Perkelapa Sawitan Indonesia <[maksi\\_sawit@yahoo.com](mailto:maksi_sawit@yahoo.com)> Nov 7

to me

Translate message  
Turn off for: Indonesian

Berikut kami kirimkan poster POIDeC 2013 Ibu.

Sekretariat MAKSI  
Gedung F Technopark Jl. Puspa No.1  
Kampus IPB Darmaga Bogor 16680  
Telp/fax. 0251-8621560

## IJOP Submission

Inbox x



Masyarakat Perkelapa Sawitan Indonesia

Nov 7

Indonesian Journal of Oil Palm Dear Sri Hidayati, Your submission "THE  
OPTIMA...



Masyarakat Perkelapa Sawitan Indonesia <maksi\_sawit@yahoo.com> Nov 7

to me

**Indonesian Journal of Oil Palm**

Dear Sri Hidayati,

Your submission "**PRODUCTION OF METHYL ESTER FROM SULFONATES FROM WASTE CRUDE PALM OIL**" will be handled by Editor IJOP Editorial Board

## **HASIL REVIEW (jurnal Reaktor terakreditasi)**

Menyatakan bahwa makalah dengan judul :

### **OPTIMASI PRODUKSI METIL ESTER SULFONAT DARI MINYAK JELANTAH**

#### **Diterima dengan perbaikan-perbaikan**

(1). Di bagian Pendahuluan, overview literature sebelumnya sebagai “state of the art” dari penelitian tentang methyl ester sulfonates sudah cukup, tetapi penulis harus membuat analisis tentang bagian-bagian manaa yang masih perlu diteliti dari penelitian-penelitian sebelumnya tersebut. Ini penting untuk menunjukkan bahwa apa yang penulis lakukan adalah mempunyai kontribusi signifikan terhadap

ilmu pengetahuan. Jika tidak memberikan kontribusi yang baru dan nyata, lebih baik paper ini REJECTED.

(2). Di bagian Metode Penelitian sebaiknya dituliskan “Bahan dan Metode”. Bahan-bahan yang dituliskan adalah bahan-bahan yang utama saja. Aquades dan lain-lain tidak perlu dituliskan termasuk peralatan2 yang kecil (picnometer, neraca analitik, dll). Bahan kimia seperti NaOH harus dituliskan pula merknya dan kemurniannya (dituliskan di dalam kurung).

(3). Di sub bagian Metode Penelitian, rancangan eksperimen dengan RKTS sebaiknya ditampilkan tabel rancangan eksperimennya (memakai kode 1 dan -1 atau dengan nilai sebenarnya dari variabel).

(4). Sub bab “Pelaksanaan Penelitian” sebaiknya diubah menjadi “Prosedur Pembuatan Methyl ester”.

(5). Gambar flow chart (Gambar 1 dan 2) sebaiknya menggunakan satu spasi dan diinsert ke dalam dokumen dalam bentuk gambar atau image (jpg atau png)

(6). Di Gambar 3 dan 4 dan 5, satuan menit sebaiknya dituliskan di label sumbu-x (“Lama Sulfonasi (menit)”) bukan di angkanya. Demikian juga dengan Gambar 7 dan 8.

(7). Tabel 1 tidak boleh di-insert ke dalam teks dalam bentuk gambar. Penulis harus menampilkan tabel tersebut di dokumen dalam bentuk tabel, bukan gambar

(8). Tuliskan daftar pustaka sesuai format petunjuk penulisan jurnal Reaktor.

#### PERBAIKAN:

(1). “Di bagian Pendahuluan, overview literature sebelumnya sebagai “state of the art” dari penelitian tentang methyl ester sulfonates sudah cukup, tetapi penulis harus membuat analisis tentang bagian-bagian mana yang masih perlu diteliti dari penelitian-penelitian sebelumnya tersebut. Ini penting untuk menunjukkan bahwa apa yang penulis lakukan adalah mempunyai kontribusi signifikan terhadap ilmu pengetahuan. Jika tidak memberikan kontribusi yang baru dan nyata, lebih baik paper ini REJECTED.” *Di bagian ini, Penulis belum meng-highlight apa perbedaan proses dan metode yang ditulis di artikel ini dengan peneliti-peneliti sebelumnya, misalnya dengan tulisan Putra (2006), Hidayati (2006), Rivai (2004). Jika tidak ada perbedaan yang signifikan paper ini tidak layak.*

Jawaban:

Minyak jelantah adalah minyak goreng bekas yang bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak kelapa dan minyak sawit. Kandungan asam lemak penyusun minyak jelantah diantaranya terdiri dari oleat 32,192%, dan linoleat 5,022% (Sidjabat, 2004). Kandungan asam lemak berikatan rangkap ini hampir mendekati kandungan asam lemak minyak inti sawit seperti oleat 13- 19% dan linoleat 0,5- 2 %. Demikian juga kandungan asam lemak berikatan rangkap pada CPO seperti oleat 39- 45 %, linoleat 7- 11% (Hidayati, 2006). Keadaan ini menunjukkan bahwa minyak jelantah diharapkan akan memberikan hasil relatif sama dengan Metil Ester Sulfonat (MES) yang dihasilkan dari bahan baku minyak inti sawit dan CPO. MES merupakan surfaktan anionik yang dibuat melalui proses sulfonasi dari Fatty Acid Metil Ester (FAME) yang menggunakan pereaksi kimia yang mengandung gugus sulfat atau sulfat (Watkins 2001; Masuda *et al*, 1995)). MES dapat digunakan untuk bahan pembersih dan banyak diaplikasikan pada industri deterjen karena memiliki sifat aktif permukaan dan tahan terhadap air sadah (Salmiah *et al*, 1998; Martinez *et al*, 2010)). Beberapa hal yang harus dipertimbangkan untuk menghasilkan kualitas MES terbaik adalah rasio mol, suhu reaksi, lama reaksi, konsentrasi grup sulfat yang ditambahkan, bahan untuk sulfonasi ( $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), waktu netralisasi, pH dan suhu netralisasi, Foster (1996).

Proses sulfonasi metil ester dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  untuk menghasilkan MES memperlihatkan bahwa reaktan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sangat reaktif. Menurut Putra (2006), peningkatan konsentrasi asam sulfat dan suhu reaksi akan menurunkan nilai penurunan tegangan permukaan, tegangan antar muka, dan meningkatkan stabilitas emulsi. Sifat tersebut penting untuk pengaplikasian MES dalam industri pembersih maupun untuk industri pengeboran minyak. Hasil penelitian Elrais *et al* (2010) menunjukkan bahwa  $\alpha$  MES dari jarak pagar memiliki aktifitas permukaan yang mampu menurunkan tegangan antar muka dari surfaktan dengan crude oil dari 18,4 dyne/cm menjadi 3,92 dyne/cm sedangkan Hidayati (2006) melaporkan bahwa penggunaan MES dari minyak inti sawit menghasilkan nilai tegangan antar muka MES adalah 0,21 dyne/cm dengan menggunakan reaktan  $\text{NaHSO}_3$ . Pada penggunaan MES dengan konsentrasi 1% mampu dan salinitas 10.000 ppm mampu menghasilkan recovery minyak sebesar 70%. Hasil penelitian Putra (2006) menunjukkan kondisi terbaik untuk memproduksi MES dari minyak sawit didapat pada produksi MES dengan penambahan konsentrasi asam sulfat 80% dan suhu reaksi  $65^\circ\text{C}$  dengan nilai tegangan permukaan 32,80 dyne/cm, stabilitas emulsi sebesar 63,32%.

Faktor konsentrasi reaktan berpengaruh nyata terhadap penurunan tegangan permukaan, tegangan antar muka, stabilitas emulsi, dan nilai kromasitas (warna) MES. Hasil penelitian Putra (2006) dan Rivai (2004) menggunakan bahan baku dari minyak inti sawit dan belum dilakukan pengujian terhadap kinerja MES yang melingkupi uji kompartibilitas dan uji tegangan antarmuka (interfacial tension), dimana kedua kinerja ini merupakan faktor yang sangat penting untuk pengaplikasian MES sebagai surfactant flooding pada proses pendesakan minyak bumi. Diduga penggunaan bahan baku yang berbeda seperti minyak jelantah, proses produksi terutama jumlah konsentrasi dan lama waktu yang diperlukan akan berbeda dan menghasilkan MES yang memiliki kinerja yang berbeda.

Penelitian mengenai produksi MES dari minyak jelantah dengan menggunakan etil ester dari minyak jelantah dengan menggunakan reaktan  $H_2SO_4$  belum banyak dilakukan terutama berkaitan dengan karakteristiknya pada uji kinerja surfaktan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi  $H_2SO_4$  dan lama reaksi terhadap kinerja MES dari metil ester minyak jelantah .

(2). Di bagian Metode Penelitian sebaiknya dituliskan “Bahan dan Metode”. Bahan-bahan yang dituliskan adalah bahan-bahan yang utama saja. Aquades dan lain-lain tidak perlu dituliskan termasuk peralatan2 yang kecil (picnometer, neraca analitik, dll). Bahan kimia seperti NaOH harus dituliskan pula merknya dan kemurniannya (dituliskan di dalam kurung). *“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.”* Kalimat ini di bagian Bahan dan Metode tidak perlu dituliskan, terutama alat-alat kecil seperti gelas ukur dan lain-lain, cukup disebutkan perlaatn utama saja

Jawab:

Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu peralatan untuk membuat MES dan peralatan untuk analisis sampel. 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). Peralatan untuk analisis sampel adalah tensiometer du Nuoy, refraktometer, spinning drop tensiometer dan *Fourier Transform Infra red* (FTIR).

(3). Di sub bagian Metode Penelitian, rancangan eksperimen dengan RKTS sebaiknya ditampilkan tabel rancangan eksperimennya (memakai kode 1 dan -1 atau dengan nilai sebenarnya dari variabel). *“Di bagian ini belum dijawab oleh Penulis”*

Jawab :

Mohon maaf sebelumnya, rancangan yang menggunakan kode 1 dan -1 menurut saya hanya ada di rancangan menggunakan metode respon permukaan atau RSM (Response Surface Method), dimana bentuk kodenya hanya antara -1, 0 atau 1 dengan tingkat alfa sesuai jumlah perlakuan.

Untuk faktorial dalam Rancangan Kelompok Teracak Lengkap (RKTS) dengan tiga ulangan, biasanya rancangan ini digunakan untuk 2 faktor yang diduga saling berinteraksi dengan ulangan dijadikan sebagai kelompok. Jadi percobaan faktorial adalah percobaan yang perlakuannya terdiri atas semua kemungkinan kombinasi taraf dari beberapa faktor.

Desain percobaannya adalah:

Konsentrasi $H_2SO_4$	Kelompok	Lama Sulfonasi (menit)	Total (L)
-----------------------	----------	------------------------	-----------

		60 (K1)	75 (K2)	90 (K3)	
H2SO4 60% (L1)	1	K1L1	K2L1	K3L1	
	2	K1L1	K2L1	K3L1	
	3	K1L1	K2L1	K3L1	
Sub Total K1					
Rata-rata K1					
H2SO4 70% (L2)	1	K1L2	K2L2	K3L2	
	2	K1L2	K2L2	K3L2	
	3	K1L2	K2L2	K3L2	
Sub Total K2					
Rata-rata K2					
H2SO4 80% (L3)	1	K1L3	K2L3	K3L3	
	2	K1L3	K2L3	K3L3	
	3	K1L3	K2L3	K3L3	
Sub Total K3					
Rata-rata K3					
Total					

(4). Gambar flow chart (Gambar 1 dan 2) sebaiknya menggunakan satu spasi dan diinsert ke dalam dokumen dalam bentuk gambar atau image (jpg atau png). *“Spasi masih spasi 1.5, sebaiknya dibuat spasi single saja agar tidak terlalu panjang.”*

Jawab: Terimakasih, sudah saya perbaiki

(5). Tuliskan daftar pustaka sesuai format petunjuk penulisan jurnal Reaktor. *“Penulisan Daftar Pustaka harus sesuai petunjuk penulisan Reaktor, Volume tidak perlu dituliskan “Vol””. Lihat Petunjuk Penulisan”*

Jawab:

AOAC., (1995), Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. AOAC, Washington, pp. 652-684.

American Society for Testing and Material (ASTM)., (2001), Annual Book of ASTM Standards: Soap and Other Detergents, Polishes, Leather, Resilient Floor Covering, Baltimore: ASTM, pp. 275-277.

Dunn, R., (2002). Effect of Oxidation Under Accelerated Conditions on Fuel

- Properties of Methyl Soya (biodiesel), *Journal Am. Oil. Chem. Soc.*, pp. 915-919.
- Edison, R dan Hidayati, S., (2009), Production Surfactant Methyl Ester Sulfonate (MES) of *Jatropha Oil (Jatropha Curcas L.)* With Temperature and Time Sulfonation, Temperature Purification, and Concentration Methanol Settings. ***Proceeding International Seminar on Sustainable Biomass Production and Utilization Challenges and Oppurtunities (ISOMASS) August***, pp 250-263.
- Elrais, I.M.Tan., Awang, M and Saaid, I., (2010), The Syntesis and performance of Sodium Methyl Ester Sulfonates for Enhanced Oil Recovery, *Petroleum Science and Technology*, 28, pp. 1799-1806.
- Foster, N.C., (1996), *Sulfonation and Sulfation Processes*. The Chemithon Corporation. [http://www.chemithon.com/papers\\_brochures/Sulfo\\_and\\_Sulfa.doc.pdf](http://www.chemithon.com/papers_brochures/Sulfo_and_Sulfa.doc.pdf) [30 November 2005]
- Gardner, J.E. and Hayes, M.E., (1983), *Spinning Drop Interfacial Tensiometer Instruction Manual*. Department of Chemistry. Universitas of Texas, Austin, pp. 11-15.
- Hidayati, S., (2006), Perancangan Proses Produksi Metil Ester Sulfonat dari Minyak Sawit Inti Sawit dan Uji Efektivitasnya untuk Pendesakan Minyak Bumi, *Disertasi*, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Hu, P.C and Tuvell, M.E., (1986), A Mechanistic Approach to the Thermal Degragation of  $\alpha$  Olefin Sulfonates, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, pp. 1007-1012.
- Martinez, D., Gustavo O, Sandra R., (2010). Simulation and Pre Feasibility Analysis of The Production Process of  $\alpha$  methyl Ester Sulfonaates ( $\alpha$  MES). *Boiresources Technology*, Volume 101, pp. 8762-8771.
- Masuda M., (1995), Environmental Aspect of Detergent materials-Biodegradation of detergent Surfactant. Proc of the 21<sup>st</sup> World Conggres of the International Society for fat Research (ISF), PS Barnes and Associates, pp. 649-653.
- Moreno, J.B, Bravo, J and Berna, J.L., ( 1988), Influence of sulfonated material and its sulfone content on the physical of linier alkyl benzene sulfonates. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Volume 65 (6), pp. 1000-1006.
- Putra, D.N., Syamsu, K dan Suryani, A., (2006), Kajian Pengaruh Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan Suhu Reaksi pada Proses Produksi Surfaktan Metil Ester Sulfonat (MES) dengan Metode Sulfonasi, Kementrian Negara Riset dan Teknologi RI-Institut Pertanian Bogor, Bogor pp. 65-70.
- Rivai, M., ( 2004), Kajian Pengaruh Nisbah Reaktan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan Lama Reaksi Sulfonasi terhadap Kinerja Surfaktan Metil Ester Sulfonat (MES) yang dihasilkan. *Master Thesis*. Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Salmiah, A., Zakariah I and Jasmin, S., (1998), Palm based Sulphonates Methyl Ester and Soap. *J. Oil palm Research*, Volume 10, pp. 15-35.
- Samuelsson, J dan Johansson, M., (2003), Oxidation of FA with Alkana or Alkyl Functionalities Studied with Chemiluminescence and real Time IR Spectroscopy. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Volume 80 (5), pp. 491-496.

- Sidjabat, J., (2004), Kandungan Minyak Goreng. *Lembaran Lemigas*, Volume 8 (1), pp. 39-50
- Siregar, S., Mardisewojo, P dan Sulistyarso, H.B., (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*, Volume VI, No. 4, pp 21-27.
- Watkins, C. 2001. All Eyes are on Texas. *INFORM 12* : 1152-1159. [terhubung berkala]. <http://www.chemithon.com> [26 Februari 2003].

## **HASIL PERBAIKAN JURNAL FINAL**

# **OPTIMASI PRODUKSI METIL ESTER SULFONAT DARI METIL ESTER MINYAK JELANTAH**

**Sri Hidayati<sup>1\*</sup>, Natalia Gultom<sup>1</sup> dan Hestuti Eni<sup>2</sup>**

<sup>1.</sup> Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Unila

Jl Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

<sup>2.</sup> Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi

Lembaga Penelitian Minyak dan Gas

Jl Ciledug Raya, kavling 109 Cipulir, kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230

\* Korespondensi : [hidayati\\_thp@unila.ac.id](mailto:hidayati_thp@unila.ac.id)

## **Abstract**

*An experiment of sulfonation process of methyl ester to produce methyl ester sulfonates (MES) was carried out using waste palm methyl ester and sulfuric acid as sulfonating agent with variation of  $H_2SO_4$  concentration (60% (K1), 70% (K2), dan 80% (K3) and sulfonation time (60 minute (L1), 75 minute (L2) and 90 minute (L3) using factorial on Randomized Complete Design Block. The experiment result showed the best sulfonation condition present in 80%  $H_2SO_4$  concentration and sulfonation time of 90 minutes. The best characteristic of MES is produced showed surface tension of 27,35 dyne/cm, emulsion stability of 89,44%, acid value of 17,72 mg KOH/g and interfacial tension of 0,0361 dyne/cm at MES concentration of 2% in 10.000 ppm salinity water.*

**Keyword:**  $H_2SO_4$ , MES, sulfonation

## **Abstrak**

*Sebuah penelitian tentang proses produksi metil ester sulfonat menggunakan minyak bekas kelapa sawit dilakukan dengan menggunakan  $H_2SO_4$  sebagai agen pensulfonasi dengan variasi konsentrasi  $H_2SO_4$  dan lama sulfonasi dengan menggunakan faktorial dalam Rancangan kelompok Acak lengkap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi proses sulfonasi terbaik terdapat pada konsentrasi  $H_2SO_4$  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.*

**Kata Kunci:**  $H_2SO_4$ , MES, proses sulfonasi

## PENDAHULUAN

Minyak jelantah adalah minyak goreng bekas yang bisa berasal dari jenis-jenis minyak goreng seperti halnya minyak jagung, minyak kelapa dan minyak sawit. Kandungan asam lemak penyusun minyak jelantah diantaranya terdiri dari oleat 32,192%, dan linoleat 5,022% (Sidjabat, 2004). Kandungan asam lemak berikatan rangkap ini hampir mendekati kandungan asam lemak minyak inti sawit seperti oleat 13- 19% dan linoleat 0,5- 2 %. Demikian juga kandungan asam lemak berikatan rangkap pada CPO seperti oleat 39- 45 %, linoleat 7- 11% (Hidayati, 2006). Keadaan ini menunjukkan bahwa minyak jelantah diharapkan akan memberikan hasil relatif sama dengan Metil Ester Sulfonat (MES) yang dihasilkan dari bahan baku minyak inti sawit dan CPO.

MES merupakan surfaktan anionik yang dibuat melalui proses sulfonasi dari Fatty Acid Metil Ester (FAME) yang menggunakan pereaksi kimia yang mengandung gugus sulfat atau sulfit (Watkins 2001; Masuda *et al*, 1995)). MES dapat digunakan untuk bahan pembersih dan banyak diaplikasikan pada industri deterjen karena memiliki sifat aktif permukaan dan tahan terhadap air sadah (Salmiah *et al*, 1998; Martinez *et al*, 2010)). Beberapa hal yang harus dipertimbangkan untuk menghasilkan kualitas MES terbaik adalah rasio mol, suhu reaksi, lama reaksi, konsentrasi grup sulfat yang ditambahkan, bahan untuk sulfonasi ( $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), waktu netralisasi, pH dan suhu netralisasi, Foster (1996).

Proses sulfonasi metil ester dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  untuk menghasilkan MES memperlihatkan bahwa reaktan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sangat reaktif. Menurut Putra (2006), peningkatan konsentrasi asam sulfat dan suhu reaksi akan menurunkan nilai penurunan tegangan permukaan, tegangan antar muka, dan meningkatkan stabilitas emulsi. Sifat tersebut penting untuk pengaplikasian MES dalam industri pembersih maupun untuk industri pengeboran minyak. Hasil penelitian Elrais *et al* (2010) menunjukkan bahwa  $\alpha$  MES dari jarak pagar memiliki aktifitas permukaan yang mampu menurunkan tegangan antar muka dari surfaktan dengan crude oil dari 18,4 dyne/cm menjadi 3,92 dyne/cm sedangkan Hidayati (2006) melaporkan bahwa penggunaan MES dari minyak inti sawit menghasilkan nilai tegangan antar muka MES adalah 0,21 dyne/cm dengan menggunakan reaktan  $\text{NaHSO}_3$ . Pada penggunaan MES dengan konsentrasi 1% mampu dan salinitas 10.000 ppm mampu menghasilkan recovery minyak sebesar 70%. Hasil penelitian Putra (2006) menunjukkan kondisi terbaik untuk memproduksi MES dari minyak sawit didapat pada produksi MES dengan penambahan konsentrasi asam sulfat 80% dan suhu reaksi  $65^\circ\text{C}$  dengan nilai tegangan permukaan 32,80 dyne/cm, stabilitas emulsi sebesar 63,32%.

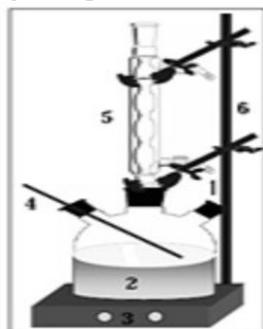
Faktor konsentrasi reaktan berpengaruh nyata terhadap penurunan tegangan permukaan, tegangan antar muka, stabilitas emulsi, dan nilai kromasitas (warna) MES. Hasil penelitian Putra (2006) dan Rivai (2004) menggunakan bahan baku dari minyak inti sawit dan belum dilakukan pengujian terhadap kinerja MES yang melingkupi uji kompartabilitas dan uji tegangan antarmuka (interfacial tension), dimana kedua kinerja ini merupakan faktor yang sangat penting untuk pengaplikasian MES sebagai surfactant flooding pada proses pendesakan minyak

bumi. Diduga penggunaan bahan baku yang berbeda seperti minyak jelantah, proses produksi terutama jumlah konsentrasi dan lama waktu yang diperlukan akan berbeda dan menghasilkan MES yang memiliki kinerja yang berbeda. Penelitian mengenai produksi MES dari minyak jelantah dengan menggunakan etil ester dari minyak jelantah dengan menggunakan reaktan  $H_2SO_4$  belum banyak dilakukan terutama berkaitan dengan karakteristiknya pada uji kinerja surfaktan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh konsentrasi  $H_2SO_4$  dan lama reaksi terhadap kinerja MES dari metil ester minyak jelantah .

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak jelantah, metanol teknis, NaOH (MERCK KgaA, 99%), KOH (MERCK, 85%),  $H_2O_2$  teknis, alkohol (J.T Baker, 94%), Toluena (MERCK 99,9%) dan phenolptelin (MERCK, E 1%, 1 cm). Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu peralatan untuk membuat MES dan peralatan untuk analisis sampel. 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). Peralatan untuk analisis sampel adalah tensiometer du Nuoy dan peralatan analisis lain. Peralatan penelitian pembuatan MES ini disajikan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Peralatan pembuatan MES (1) Inlet bahan (2) Labu leher tiga (3) Hot plate magnetic stirrer (4) Termometer (5) Pendingin balik (6) Statif**

### Metode Penelitian

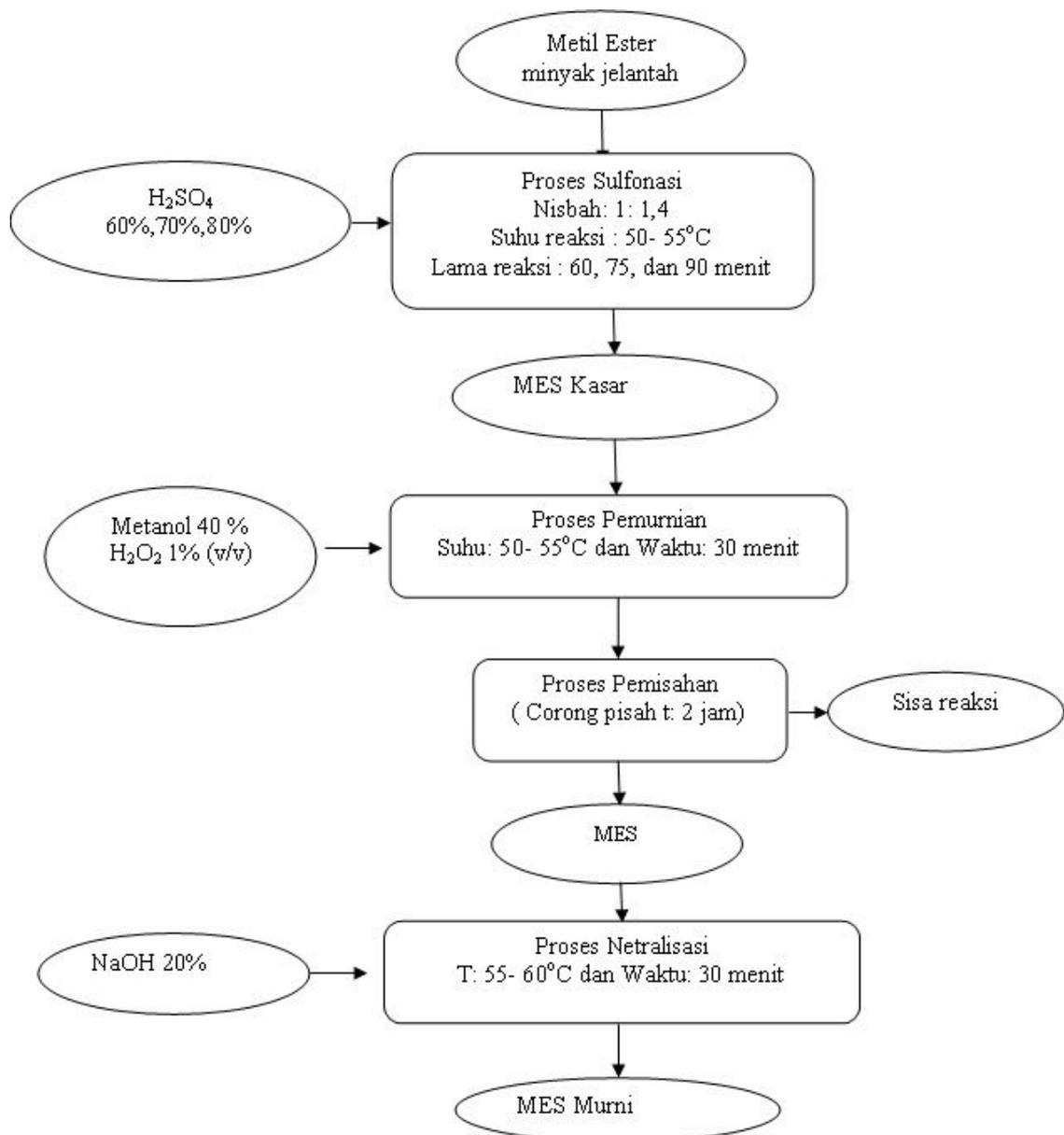
Percobaan dilakukan secara faktorial dalam Rancangan Kelompok Teracak Lengkap (RKTS) dengan tiga ulangan. Faktor-faktor yang diteliti pada penelitian ini adalah konsentrasi  $H_2SO_4$  yaitu 60% (K1), 70% (K2), dan 80% (K3) serta lama sulfonasi 60 menit (L1), 75 menit (L2), dan 90 menit (L3). Data dianalisis dengan analisis ragam untuk mendapatkan penduga ragam galat dan uji signifikansi untuk mengetahui ada perbedaan perlakuan. Data kemudian dianalisis lebih lanjut dengan polinomial ortogonal pada taraf nyata 1% dan 5%. Desain percobaannya pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain Percobaan Rancangan Faktorial dalam RAKL

Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Kelompok	Lama Sulfonasi (menit)			Total
		60 (K1)	75 (K2)	90 (K3)	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 60% (L1)	1	K1L1	K2L1	K3L1	
	2	K1L1	K2L1	K3L1	
	3	K1L1	K2L1	K3L1	
Sub Total K1					
Rata-rata K1					
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 70% (L2)	1	K1L2	K2L2	K3L2	
	2	K1L2	K2L2	K3L2	
	3	K1L2	K2L2	K3L2	
Sub Total K2					
Rata-rata K2					
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 80% (L3)	1	K1L3	K2L3	K3L3	
	2	K1L3	K2L3	K3L3	
	3	K1L3	K2L3	K3L3	
Sub Total K3					
Rata-rata K3					
Total					

### Pembuatan Metil Ester Sulfonat

Proses pembuatan MES melalui beberapa tahap yaitu sulfonasi, pemurnian, dan penetralan. Reaksi sulfonasi antara metil ester dengan reaktan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> merupakan tahapan utama proses pembuatan MES. Metil ester dari minyak jelantah dipanaskan pada suhu 50- 55 °C ditambahkan dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 60%, 70%, dan 80% dan nisbah 1: 1,4 (Mira, 2004) direaksikan pada labu leher tiga berkondensor dengan lama reaksi 60 menit, 75 menit, dan 90 menit. Setelah itu dilakukan proses pemurnian dengan menggunakan metanol 40% dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 1% untuk proses pemucatan dengan menggunakan suhu 55<sup>0</sup>C selama 0,5 jam dan selanjutnya dilakukan proses akhir yaitu proses netralisasi dengan NaOH 20% pada suhu 50<sup>0</sup>C selama 0,5 jam. Analisis yang dilakukan terhadap produk MES yang dihasilkan meliputi stabilitas emulsi (modifikasi ASTM D1436, 2001), tegangan antar muka (IFT) menggunakan spinning drop tensiometer, tegangan permukaan menggunakan du Nouy, bilangan asam (AOAC, 1995). Diagram alir proses produksi MES dari metil ester minyak jelantah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir proses tahapan penelitian pembuatan MES dari minyak jelantah dengan menggunakan  $H_2SO_4$  (Rivai, 2004 yang dimodifikasi)

## Pengamatan

### Bilangan Asam (Acid Value)

Pengujian bilangan asam menggunakan metode uji AOAC, 1995. Sebanyak 10-20 gram bahan ditimbang di dalam erlenmeyer 200 ml. Ditambahkan 50 ml alkohol netral 95 persen, kemudian dipanaskan selama 10 menit dalam penangas air sambil diaduk. Larutan ini dititrasi dengan KOH 0,1 N dengan indikator larutan Phenolptalein 1 persen di dalam alkohol, sampai tepat terlihat warna merah jambu. Setelah itu dihitung jumlah miligram KOH yang digunakan untuk menetralkan asam lemak bebas dalam 1 gram bahan.

$$\text{Bilangan asam (acid value)} = \frac{A \times N \times 56,1}{\text{...}}$$

## G

Keterangan : A = jumlah ml KOH untuk titrasi  
 N = normalitas larutan KOH  
 G = bobot contoh (gram)  
 56,1 = bobot molekul KOH

### Tegangan permukaan

Metode pengujian dilakukan untuk menentukan tegangan permukaan larutan surfaktan dengan menggunakan alat Tensiometer Du-Nuoy. Larutan yang digunakan adalah akuades dan larutan surfaktan sebanyak 10%. Peralatan dan wadah yang digunakan harus dalam keadaan bersih. Posisi alat diatur supaya horizontal dengan waterpass dan diletakkan pada tempat yang aman. Larutan contoh dimasukkan ke dalam gelas dan diletakkan pada dudukan (platform) pada tensiometer. Suhu cairan pada sampel diukur dan dicatat. Selanjutnya cincin platinum dicelupkan ke dalam sampel tersebut (lingkaran cincin tercelup 3-5 mm dibawah permukaan cairan). Skala vernier tensiometer diset pada posisi nol dan jarum petunjuk harus berada pada garis berimpit dengan garis pada kaca. Selanjutnya platform diturunkan secara perlahan, dan pada saat yang bersamaan skup kanan diputar sampai film cairan tepat putus. Pada saat ini dilakukan pembacaan skala. Pengujian dilakukan minimal dua kali pengulangan. Kemudian dibandingkan nilai tegangan permukaan antara sebelum dan sesudah ditambahkan surfaktan.

### Stabilitas emulsi

Kestabilan emulsi diukur antara air dengan toluena. Toluena dengan air dicampur dengan perbandingan 6 : 4. Campuran kemudian dikocok selama 5 menit menggunakan vortex mixer. Pemisahan emulsi antar xylene dengan air diukur berdasarkan lamanya pemisahan antar fasa. Konsentrasi surfaktan yang ditambahkan adalah 1 mL. Lamanya pemisahan antar fasa sebelum ditambahkan surfaktan dibandingkan dengan sesudah ditambahkan surfaktan (Modifikasi ASTM D 1436, 2001).

### Tegangan Antar Permukaan Metode Spinning Drop (Gardner dan Hayes, 1983)

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*.

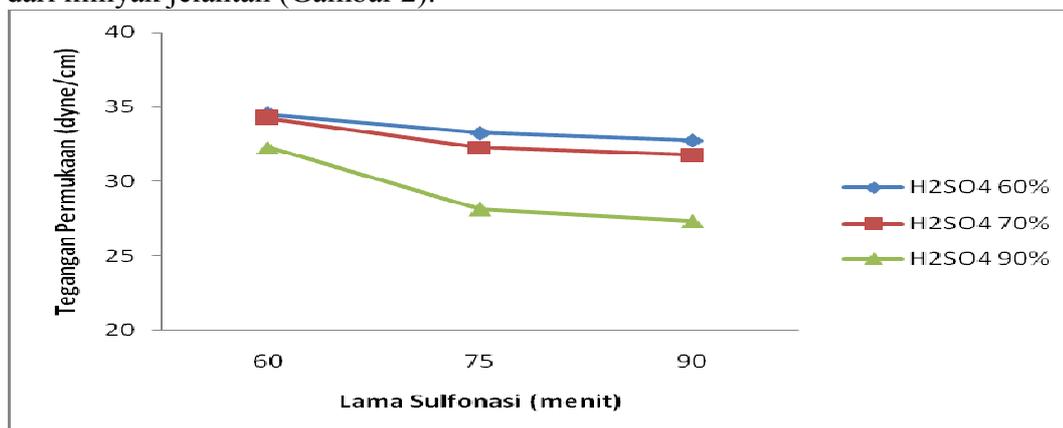
Cara kerja Spinning Drop sebagai berikut : panaskan alat spinning drop, kemudian set pada suhu 40°C (kondisi percobaan) dan periode pada 10,10 msec/rev. Setelah kondisi tersebut stabil, ke dalam glass tube diisikan larutan surfaktan dengan konsentrasi yang telah dibuat. Ke dalam glass tube yang telah 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.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Konsentrasi $H_2SO_4$ dan lama Sulfonasi Terhadap Tegangan Permukaan

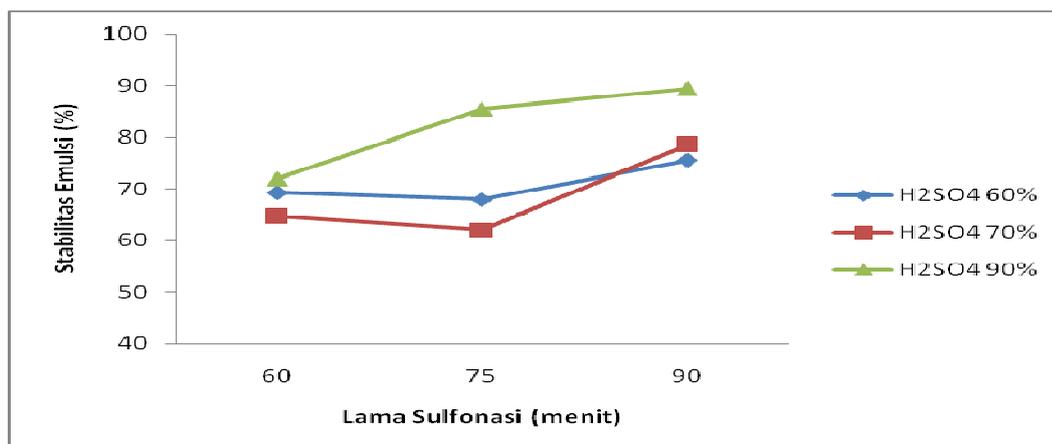
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi  $H_2SO_4$  dan lama sulfonasi serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap tegangan permukaan MES dari minyak jelantah (Gambar 2).



Gambar 2. Grafik hubungan lama sulfonasi dan konsentrasi  $H_2SO_4$  terhadap tegangan permukaan MES dari metil ester minyak jelantah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi  $H_2SO_4$  dan lama sulfonasi akan menurunkan tegangan permukaan. Hal ini diduga peningkatan lama sulfonasi akan menyebabkan pembentukan gugus sulfonat hasil reaksi metil ester dengan  $H_2SO_4$  menjadi lebih banyak. Gugus sulfonat merupakan senyawa aktif penurun tegangan permukaan dan antar muka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan terbaik terjadi pada konsentrasi  $H_2SO_4$  80% dan lama reaksi 90 menit yang menghasilkan tegangan permukaan sebesar 27,35 dyne/cm, sedangkan pada Putra dkk (2006) dengan menggunakan bahan baku dari metil ester inti sawit, pada perlakuan konsentrasi  $H_2SO_4$  80% dan suhu 65°C menghasilkan tegangan permukaan sebesar 32,8 dyne/cm.

**Pengaruh Konsentrasi  $H_2SO_4$  dan lama Sulfonasi Terhadap Stabilitas Emulsi**  
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi  $H_2SO_4$  dan lama sulfonasi serta interaksi keduanya berpengaruh nyata terhadap stabilitas emulsi dari minyak jelantah (Gambar 3).

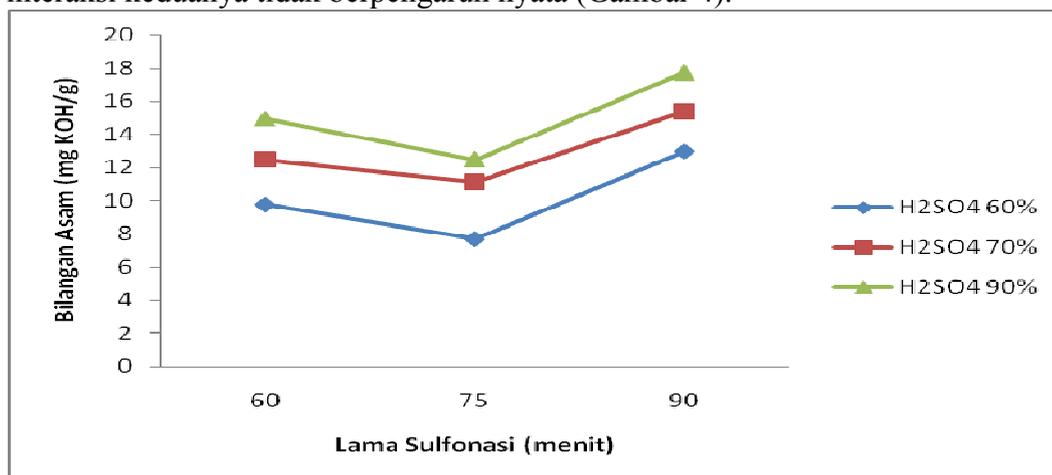


Gambar 3. Grafik hubungan lama sulfonasi dan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap stabilitas emulsi MES dari minyak jelantah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan lama sulfonasi akan meningkatkan stabilitas emulsi. Stabilitas emulsi berbanding terbalik dengan nilai tegangan permukaan. Penurunan tegangan permukaan akan meningkatkan stabilitas emulsi. Stabilitas emulsi tertinggi terjadi pada perlakuan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 80% dan lama sulfonasi 90 menit sebesar 89,44%. Putra dkk (2006) melaporkan bahwa perlakuan pada pemberian H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 80% dengan suhu 65°C akan menghasilkan nilai stabilitas emulsi 63,32% pada MES dari minyak inti sawit.

#### Pengaruh Konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan lama Sulfonasi Terhadap Bilangan Asam

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan lama sulfonasi berpengaruh nyata terhadap bilangan asam MES dari minyak jelantah tetapi interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata (Gambar 4).



Gambar 4. Grafik hubungan lama sulfonasi dan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap bilangan asam MES dari minyak jelantah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan lama sulfonasi akan meningkatkan nilai bilangan asam. Peningkatan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan lama sulfonasi akan menyebabkan peningkatan pembentukan peroksida dan hidroperoksida. Samuelsson dan Johansen (2003), menyatakan

bahwa proses oksidasi linoleat pada minyak akan menyebabkan pembentukan hidroperoksida yang bersifat tidak stabil. Bilangan asam menunjukkan banyaknya asam lemak bebas yang ada dalam minyak akibat reaksi hidrolisis akibat reaksi kimia, pemanasan, atau proses fisika. Semakin tinggi bilangan asam maka semakin banyak minyak yang telah terhidrolisis. Oksidasi komponen-komponen minyak terutama golongan aldehyd dapat membentuk gugus asam karboksilat sehingga akan menambah nilai bilangan asam. Hal ini juga dapat disebabkan oleh suhu dan lama sulfonasi yang tinggi, di mana pada kondisi tersebut kemungkinan terjadinya proses oksidasi sangat besar.

Hasil penelitian Rivai (2004); Edison dan Hidayati (2009) menunjukkan pola yang sama yaitu semakin lama proses sulfonasi akan meningkatkan bilangan asam. Peningkatan suhu dan lama reaksi akan menyebabkan peningkatan pembentukan sulfon dan reaksi samping seperti asam-asam berantai pendek seperti aldehyd dan keton, pada degradasi yang lebih lanjut akan menghasilkan pembentukan asam sulfur yang menyebabkan peningkatan bilangan asam (Moreno *et al.*, 1988; Hu dan Tuvell, 1986; Dunn, 2002). Dunn (2002) melaporkan bahwa peningkatan suhu dari 75°C menjadi 125°C selama 6 jam pada pemanasan metil ester dari kedelai akan meningkatkan bilangan asam dari 1,61 mg KOH/gram sampel menjadi 4,22 mg KOH/gram sampel.

### 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. Untuk keperluan uji kinerja surfaktan, digunakan sampel reservoir minyak dari lapangan rantau yang merupakan minyak ringan (*light oil*) dan air formasi sintetik dengan kadar garam 10000 ppm.

#### a. Uji Kompatibilitas

Hasil uji kompatibilitas larutan surfaktan MES dari metil ester B ditampilkan pada Tabel 1. Terlihat bahwa hampir semua larutan belum kompatibel dengan air formasi (brine). Keberadaan butiran dan lapisan minyak mengindikasikan bahwa surfaktan tidak terlarut sempurna pada air formasi. Hasil uji menunjukkan bahwa pada uji kompatibilitas berkisar dari jernih, milky (seperti susu), light milky (susu agak encer), keruh dan berbusa.

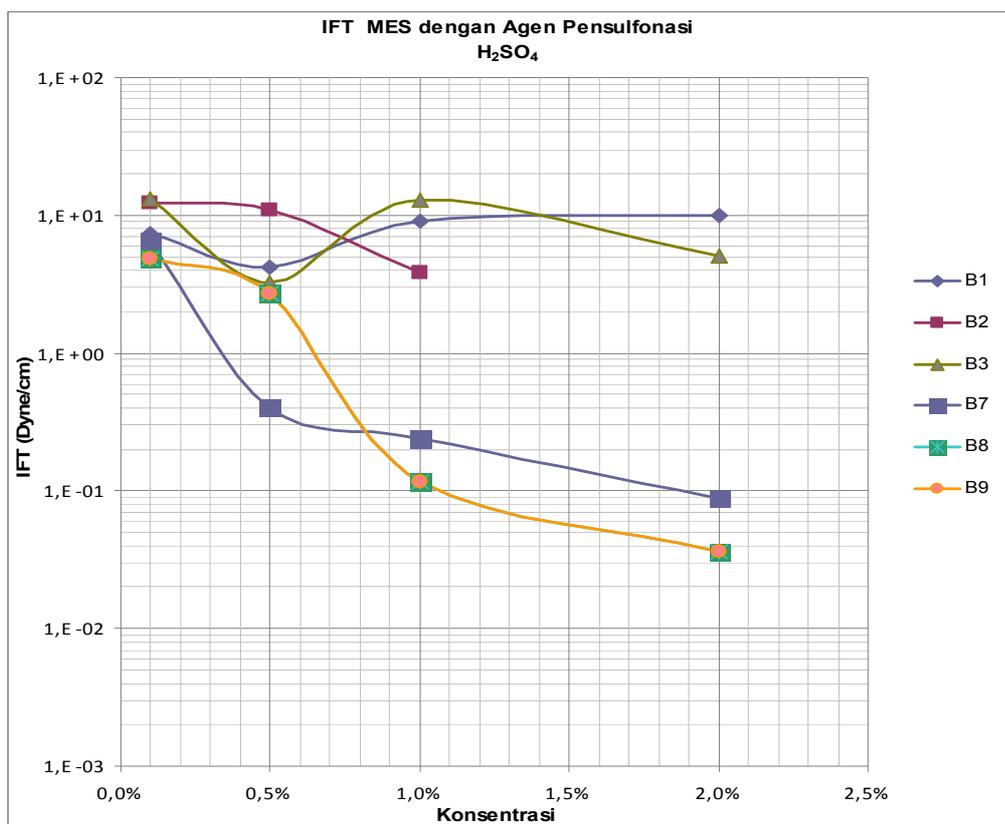
Tabel 1. Hasil Uji Kompatibilitas Surfaktan MES dari bahan MES B dan agen pensulfonasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

No	Nama Surfaktan	Konsentrasi surfaktan	Pengamatan Kompatibilitas	
1	B1		Diam	Sesudah dikocok
		0,1	Jernih , lapisan minyak	Light milky, berbusa
		0,5	Light milky, lapisan minyak	Milky, berbusa

		1	Light milky, lapisan minyak	Milky, berbusa
		2	Light milky, lapisan minyak	Milky, berbusa
2	B2	0,1	Jernih , lapisan minyak	Light milky, berbusa
		0,5	Light milky, lapisan minyak	Milky, berbusa
		1	Light milky, lapisan minyak	Milky, berbusa
		2	Light milky, lapisan minyak	Milky, berbusa
3	B3	0,1	Jernih , lapisan minyak	Light milky, berbusa
		0,5	Light milky, lapisan minyak	Milky, berbusa
		1	Light milky, lapisan minyak	Milky, berbusa
		2	Light milky, lapisan minyak	Milky, berbusa
4	B4	0,1	Jernih , lapisan minyak	Light milky, keruh, berbusa
		0,5	Light milky, lapisan minyak	Milky , keruh, berbusa
		1	Light milky, lapisan minyak	Milky , keruh, berbusa
		2	Light milky, lapisan minyak	Milky , keruh, berbusa
5	B5	0,1	Jernih , lapisan minyak	Light milky,keruh, berbusa
		0,5	Light milky, lapisan minyak	Milky , keruh, berbusa
		1	Light milky, lapisan minyak	Milky , keruh, berbusa
		2	Light milky, lapisan minyak	Milky , keruh, berbusa
6	B6	0,1	Jernih , lapisan minyak	Light milky, berbusa
		0,5	Light milky, lapisan minyak	Milky , keruh, berbusa
		1	Light milky, lapisan minyak	Milky , keruh, berbusa
		2	Light milky, lapisan minyak	Milky , keruh, berbusa
7	B7	0,1	Jernih , lapisan minyak	Light milky, berbusa
		0,5	milky, lapisan minyak	Milky, berbusa
		1	hard milky, lapisan minyak	Hard milky , butiran minyak, berbusa
		2	hard milky, lapisan minyak	Hard milky , butiran minyak, berbusa
8	B8	0,1	Light milky	Light milky, berminyak
		0,5	Milky, kekuningan	Milky kekuningan
		1	Milky, kekuningan, lapisan minyak	Milky kekuningan, berbusa
		2	Milky, kecoklatan, lapisan minyak	Milky kecoklatan, berbusa
9	B9	0,1	Jernih , lapisan minyak	Light milky, berbusa
		0,5	milky	Milky
		1	Milky, lapisan minyak	Milky, berbusa
		2	Hard milky, lapisan minyak	Hard milky, kecoklatan, berbusa

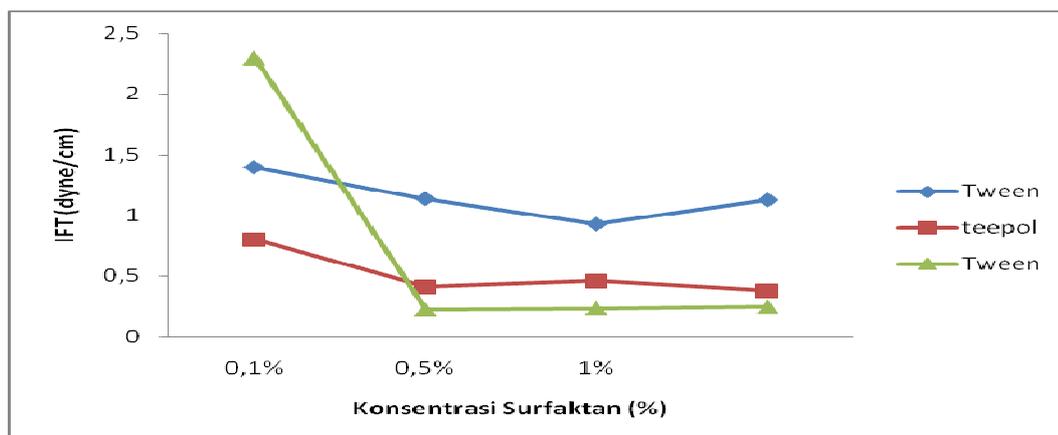
#### b. Pengukuran Tegangan Antar Muka (Interfacial Tension/ IFT)

Surfaktan MES dengan bahan metil ester jelantah dan agen pensulfonasi  $H_2SO_4$  semua surfaktan dengan konsentrasi antara 0,1% sampai 2% mempunyai nilai IFT pada kisaran  $10^{-2}$  sampai  $10^1$  Dyne/cm tetapi nilai IFT surfaktan B4-B6 tidak teridentifikasi.



Gambar 5. IFT Surfactan MES dari bahan ME B dan agen pensulfonasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Nilai IFT yang dihasilkan pada perlakuan MES dengan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 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. Surfactan 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<sup>-2</sup> dyne/cm. IFT dari surfactan komersial jenis SLS, tween dan teepol memiliki nilai IFT yang lebih besar dibandingkan MES dari minyak jelantah (Gambar 6).



Gambar 6. Nilai IFT dari beberapa jenis surfaktan komersial

### KESIMPULAN

Hasil pembuatan MES dengan bahan baku dari metil ester minyak jelantah menunjukkan bahwa kondisi proses yang terbaik terjadi pada penggunaan  $H_2SO_4$  80% dan lama reaksi 90 menit. Karakteristik MES yang dihasilkan yaitu nilai tegangan permukaan 27,35 dyne/cm, stabilitas emulsi 89,44%, bilangan asam 17,72%, nilai IFT pada konsentrasi MES 0,1% sebesar 4,81 dyne/cm, konsentrasi MES 0,5% sebesar 2,68%, konsentrasi MES 1% sebesar 0,1149 dyne/cm dan konsentrasi 2% sebesar 0,0361 dyne/cm dengan menggunakan air formasi pada salinitas 10.000 ppm dan memiliki IFT yang lebih kecil dibanding surfaktan komersial.

### Daftar Pustaka

- AOAC., (1995), Official Method of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. AOAC, Washington, pp. 652-684.
- American Society for Testing and Material (ASTM)., (2001), Annual Book of ASTM Standards: Soap and Other Detergents, Polishes, Leather, Resilient Floor Covering, Baltimore: ASTM, pp. 275-277.
- Dunn, RO., (2002). Effect of Oxidation Under Accelerated Conditions on Fuel Properties of Methyl Soyate (biodiesel), *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 79., pp. 915-919.
- Edison, R dan Hidayati, S., (2009), Production Surfactant Methyl Ester Sulfonate (MES) of *Jatropha* Oil (*Jatropha Curcas* L.) With Temperature and Time Sulfonation, Temperature Purification, and Concentration Methanol Settings. *Proceeding International Seminar on Sustainable Biomass Production and Utilization Challenges and Oppurtunities (ISOMASS) August*, pp 250-263.
- Elrais, I.M.Tan., Awang, M and Saaid, I., (2010), The Syntesis and performance of Sodium Methyl Ester Sulfonates for Enhanced Oil Recovery, *Petroleum Science and Technology*, 28, pp. 1799-1806.

- Foster, N.C., (1996), *Sulfonation and Sulfation Processes*. The Chemithon Corporation. [http://www.chemithon.com/papers\\_brochures/Sulfo\\_and\\_Sulfa.doc.pdf](http://www.chemithon.com/papers_brochures/Sulfo_and_Sulfa.doc.pdf) [30 November 2005]
- Gardner, J.E. and Hayes, M.E., (1983), *Spinning Drop Interfacial Tensiometer Instruction Manual*. Department of Chemistry. Universitas of Texas, Austin, pp. 11-15.
- Hidayati, S., (2006), Perancangan Proses Produksi Metil Ester Sulfonat dari Minyak Sawit Inti Sawit dan Uji Efektivitasnya untuk Pendesakan Minyak Bumi, *Disertasi*, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Hu, P.C and Tuvell, M.E., (1988), A Mechanistic Approach to the Thermal Degradation of  $\alpha$  Olefin Sulfonates, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 65, pp. 1007-1012.
- Martinez, D., Gustavo O, Sandra R., and Ivan G., (2010). Simulation and Pre Feasibility Analysis of The Production Process of  $\alpha$  methyl Ester Sulfonates ( $\alpha$  MES). *Bioresource Technology*, Vol. 101, pp. 8762-8771.
- Masuda M., (1995), Environmental Aspect of Detergent materials-Biodegradation of detergent Surfactant. Proc of the 21<sup>st</sup> World Conggres of the International Society for fat Research (ISF), PS Barnes and Associates, pp. 649-653.
- Moreno, J.B, Bravo, J and Berna, J.L., ( 1988), Influence of sulfonated material and its sulfone content on the physical of linier alkyl benzene sulfonates. *Journal of the American Oil Chemists' Society* ., Vol. 65 (6), pp. 1000-1006.
- Putra, D.N., Syamsu, K dan Suryani, A., (2006), Kajian Pengaruh Konsentrasi  $H_2SO_4$  dan Suhu Reaksi pada Proses Produksi Surfaktan Metil Ester Sulfonat (MES) dengan Metode Sulfonasi, Kementrian Negara Riset dan Teknologi RI-Institut Pertanian Bogor, Bogor pp. 65-70.
- Rivai, M., ( 2004), Kajian Pengaruh Nisbah Reaktan  $H_2SO_4$  dan Lama Reaksi Sulfonasi terhadap Kinerja Surfaktan Metil Ester Sulfonat (MES) yang dihasilkan. *Master Thesis*. Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Salmiah, A., Zakariah I and Jasmin, S., (1998), Palm based Sulphonates Methyl Ester and Soap. *Journal Oil Palm Research*, Vol. 10, pp. 15-35.
- Samuelsson, J dan Johansson, M., (2003), Oxidation of FA with Alkana or Alkyl Functionalities Studied with Chemiluminescence and real Time IR Spectroscopy. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, Vol. 80 (5), pp. 491-496.

Sidjabat, J., (2004), Kandungan Minyak Goreng. *Lembaran Lemigas*, Vol. 8 (1), pp. 39-50.

Siregar, S., Mardisewojo, P dan Sulistyarso, H.B., (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 6 (4), pp 21-27.

Watkins, C. 2001. All Eyes are on Texas. *INFORM 12* : 1152-1159. [terhubung berkala]. <http://www.chemithon.com> [26 Februari 2003].