

**PROSES PENGEMBANGAN TEKNOLOGI SURFAKTAN MES DARI METIL ESTER
MINYAK SAWIT UNTUK APLIKASI EOR/IOR :
DARI SKALA LAB KE SKALA PILOT**

Erliza Hambali*¹, Ani Suryani* dan Mira Rivai*

*Surfactant and Bioenergy Research Center (SBRC), LPPM IPB
Kampus IPB Baranangsiang Jl Raya Pajajaran No. 1 Bogor
Telp/Fax (0251) 8330970, 8330977

Abstrak

Pengembangan teknologi proses produksi surfaktan MES (Metil Ester Sulfonat) dari minyak sawit untuk aplikasi EOR/IOR (Enhanced Oil Recovery/Improved Oil Recovery) dilakukan melalui penelitian secara terus menerus dan berkesinambungan. Banyak bantuan dan dukungan yang diperoleh dari berbagai pihak baik pemerintah maupun industri. Banyak kendala yang dihadapi sejak awal pelaksanaan penelitian hingga saat ini, namun tidak mematikan semangat untuk berinovasi demi keberhasilan penelitian ini untuk aplikasi di lapangan minyak. Untuk keberhasilan aplikasi surfaktan pada industri perminyakan, diperlukan peralatan analisis dengan standar internasional dan standar untuk bidang perminyakan, serta diperlukan pula kebijakan yang mendukung atau berpihak pada berkembangnya iklim penelitian.

Kata kunci: teknologi, inovasi, surfaktan MES, EOR, IOR

1. Pendahuluan

Ide munculnya penelitian surfaktan berawal dari keinginan untuk mengembangkan industri hilir dan meningkatkan nilai tambah minyak sawit. Surfaktan adalah suatu zat yang bersifat aktif permukaan yang dapat menurunkan tegangan antarmuka (*interfacial tension*, IFT) antara dua bahan baik berupa cairan-cairan, cairan-padatan atau cairan-gas. Sifat aktif permukaan yang dimiliki surfaktan memungkinkan dua atau lebih senyawa yang saling tidak bercampur pada kondisi normal menjadi bertendensi untuk saling bercampur homogen. Produksi minyak sawit Indonesia sangat besar, dimana pada masa itu Indonesia merupakan produsen terbesar kedua di dunia setelah Malaysia, akan tetapi nilai tambah yang diperoleh masih rendah karena hanya diekspor dalam bentuk crude oil (CPO/CPKO) saja. Pengolahan yang dilakukan hanya terbatas pada produk minyak goreng, sabun, margarin, asam lemak, *fatty alcohol*, dan produk bernilai tambah relatif rendah lainnya. Berdasarkan pengetahuan bahwa aplikasi surfaktan sangat beragam, dibutuhkan oleh berbagai industri pada proses produksinya dan produk surfaktan memiliki nilai tambah jauh lebih tinggi maka mulai dicoba pemanfaatan minyak sawit untuk dikonversi menjadi surfaktan. Penelitian sintesis surfaktan berawal pada tahun 1998, dimana aneka jenis surfaktan disintesis dari minyak sawit meliputi dietanolamida (DEA), sukrosa ester, metil ester sulfonat (MES), alkohol sulfat (AS). Selanjutnya penelitian

¹ erliza.h@gmail.com; info.sbrc@gmail.com

berkembang dengan memanfaatkan surfaktan-surfaktan yang dihasilkan pada penelitian sebelumnya menjadi beragam produk pembersih (sabun, deterjen bubuk, deterjen cair) serta produk kosmetika dan perawatan diri.

Pada tahun 2001, pada saat Dikti melakukan *site visit* ke Departemen Teknologi Industri Pertanian Institut Pertanian Bogor, berkembang ide untuk memanfaatkan surfaktan pada industri perminyakan. Ide ini berawal dari pemikiran bahwa sumur minyak membutuhkan surfaktan juga dalam proses peningkatan produksinya apabila usaha eksplorasi menggunakan *primary* dan *secondary recovery* sudah tidak menjanjikan *recovery* yang tinggi, maka usaha untuk meningkatkan *recovery* minyak bumi adalah menggunakan bantuan *chemicals* seperti surfaktan yang dikenal sebagai proses EOR/IOR.

Aplikasi surfaktan bermacam-macam, diantaranya yaitu pada industri produk kosmetika dan produk perawatan diri (*personal care products*), industri sabun, deterjen dan produk pembersih lainnya, industri cat dan pelapis, industri pangan, industri pertambangan, industri kertas, industri tekstil, industri kulit, industri karet, industri plastik, industri logam, industri bahan konstruksi dan masih banyak lagi, akan tetapi yang terbaru dan tergolong sebagai usaha yang inovatif adalah untuk menerapkan surfaktan pada proses EOR/IOR di industri perminyakan.

2. Proses Pengembangan Teknologi MES untuk EOR dan IOR

Berdasarkan pemikiran untuk memanfaatkan surfaktan pada aplikasi EOR/IOR, maka hal pertama yang dilakukan adalah studi literatur berupa buku, *searching* via internet, artikel jurnal dan *proceeding*, penelusuran paten, dan berbagai sumber informasi yang dirasa penting lainnya. Hal berikutnya yang dilakukan adalah mendatangi berbagai institusi di dalam dan luar negeri yang terkait dengan pengembangan surfaktan, institusi yang mengembangkan riset berkaitan dengan minyak sawit untuk mengetahui sejauh mana pemanfaatan minyak sawit yang telah dikembangkan dan institusi perminyakan yang telah meneliti dan mengaplikasikan surfaktan untuk EOR/IOR. Dari penelusuran literatur diperoleh informasi jenis surfaktan yang umumnya digunakan oleh industri perminyakan adalah surfaktan petroleum sulfonat, dikombinasikan dengan hasil *sharing* pengetahuan dan informasi dengan berbagai institusi tersebut maka makin besar keyakinan untuk mengembangkan surfaktan dari minyak sawit untuk aplikasi EOR/IOR. Alternatif surfaktan yang dikembangkan adalah metil ester sulfonat (MES) yang telah disintesis sebelumnya, mengingat kesamaan gugus aktif yang dimiliki dengan petroleum sulfonat yaitu gugus sulfonat. Berdasarkan literatur dan informasi yang diperoleh selama ini MES hanya dimanfaatkan dan dikembangkan untuk produksi deterjen bubuk. Namun dengan pertimbangan kesamaan gugus aktifnya, dikembangkan hipotesa bahwa MES juga dapat diaplikasikan untuk EOR/IOR sebagaimana halnya petroleum sulfonat yang selama ini dimanfaatkan untuk aplikasi EOR/IOR.

Untuk membuktikan hipotesa tersebut, mulai dilakukan pencarian dan mengumpulkan tim peneliti yang berminat untuk mengembangkan teknologi surfaktan MES. Pencarian industri mitra yang berminat untuk melakukan proses produksi dan juga industri mitra yang berminat untuk mengaplikasikan surfaktan MES juga dilakukan dengan melakukan peninjauan dan diskusi ke berbagai

industri-industri produsen minyak sawit selaku penyedia bahan baku seperti PTPN III, PTPN IV, Eterindo, Miki Oleo, Asian Agri, GIMNI, dan juga ke Kementerian Perindustrian selaku stakeholder pembuat kebijakan. Setelah informasi dan masukan yang diperoleh dirasa cukup, penelitian untuk mengembangkan teknologi proses produksi surfaktan MES mulai dilakukan. Sintesis surfaktan MES yang awalnya dilakukan dengan menggunakan reaktan H_2SO_4 , oleum dan $NaHSO_3$ mulai berkembang dengan pemikiran menggunakan gas SO_3 . Penyiapan teknologi produksi menggunakan gas SO_3 diiringi dengan diskusi dengan penyedia teknologi sulfonasi seperti Chemithon dan Ballestra melalui email. Teknologi produksi surfaktan MES menggunakan reaktan gas SO_3 dapat dilakukan berkat kerjasama dengan PT Mahkota Indonesia, dengan memanfaatkan hasil samping gas SO_3 dari proses produksi PT Mahkota Indonesia.

Pengembangan penelitian teknologi produksi surfaktan MES dengan menggunakan gas SO_3 dimulai pada tahun 2007 dengan mengembangkan reaktor sulfonasi dengan material kaca/gelas untuk skala laboratorium. Oleh karena surfaktan yang dihasilkan belum memenuhi persyaratan, kemudian dilakukan pengembangan reaktor baru berupa reaktor sulfonasi dengan sistem absorber untuk skala laboratorium pada tahun 2008. Berdasarkan hasil yang diperoleh dan setelah mendapat masukan dari Chemithon dan Ballestra, kemudian dikembangkan reaktor sulfonasi dengan kapasitas 100 kg/hari pada tahun 2009. Reaktor yang dikembangkan pada prinsipnya sama Chemithon dan Ballestra yaitu *falling film reactor*, akan tetapi teknologinya berbeda. Perbedaan terletak pada spesifikasi bahan baku yang digunakan (tanpa hidrogenasi), pada proses produksi (tanpa pemucatan/*bleaching*, tanpa metanolisis, dan tanpa *drying*). Perbedaan ini merupakan inovasi dari teknologi produksi surfaktan MES yang dikembangkan untuk aplikasi EOR/IOR. Pada tahun 2010 kemudian ditingkatkan kapasitas reaktornya hingga menjadi 300 kg/hari, dan kembali ditingkatkan kapasitasnya menjadi 5 ton/hari pada tahun 2011. Pada Gambar 1 disajikan perkembangan reaktor sulfonasi untuk produksi surfaktan MES yang telah dilakukan menggunakan reaktan gas SO_3 untuk aplikasi EOR/IOR.



Gambar 1. Perkembangan reaktor sulfonasi untuk produksi surfaktan MES menggunakan reaktan gas SO_3 untuk aplikasi EOR/IOR

3. Akses Pendanaan untuk Penelitian

Keberhasilan dan keberlanjutan penelitian tidak terlepas dari pembiayaan, tanpa adanya dana penelitian maka penelitian pengembangan teknologi surfaktan MES sulit untuk dilakukan. Penelitian pengembangan teknologi surfaktan MES ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, baik dari pemerintah maupun industri/swasta. Dana penelitian dari pemerintah diperoleh dari penelitian kompetitif seperti MAKSI (RUSNAS), DIKTI-KEMENDIKBUD (seperti hibah strategis dan hibah kompetensi), KEMENEGRISTEK, dan dana hibah penelitian kompetitif lainnya. Kontribusi industri diperoleh dalam bentuk bantuan dana penelitian seperti dari Kondur Petroleum SA dan Pertamina EP. Ada pula kontribusi industri yang diperoleh dalam bentuk bahan baku seperti metil ester yang diperoleh dari Ecogreen-Batam dan olein yang diperoleh dari Asian Agri-Jakarta. Kontribusi lainnya yang diterima dalam bentuk pemakaian instrumentasi analisis dari instansi litbang seperti LEMIGAS dan LIPI, dan juga dari industri seperti PT Mahkota Indonesia.

4. Sosialisasi Hasil Riset

Sejak penelitian surfaktan dilakukan, secara rutin sosialisasi hasil riset selalu dilakukan dengan menyampaikan makalah di seminar, *workshop* dan pertemuan ilmiah lainnya baik di dalam negeri maupun di luar negeri. Sosialisasi juga dilakukan berupa presentasi ide dan gagasan ke pengambil kebijakan, industri perminyakan nasional dan lembaga litbang perminyakan dalam negeri seperti BPMIGAS, Kondur Petroleum SA, LEMIGAS, Pertamina EP, Medco Energi, BSP dan lainnya. Perkembangan dan hasil riset surfaktan MES yang diperoleh setelah diujicobakan menggunakan fluida dari lapangan minyak rutin disajikan dalam berbagai pertemuan. Presentasi ide dan gagasan ke instansi luar negeri yang terkait dengan industri perminyakan seperti *Surtek, Texas Austin University, Rice University, Chemithon, New Mexico Tech, Spacertex*, dan lainnya juga telah dilakukan. Dari hasil sosialisasi serta *sharing* pengetahuan dan pengalaman yang dilakukan dengan instansi dalam dan luar negeri, banyak masukan positif yang diterima untuk pengembangan aplikasi surfaktan MES di industri perminyakan, banyak industri perminyakan yang tertarik untuk menjalin kerjasama.

5. Pengadaan alat analisis

Kelemahan yang dirasakan dalam pelaksanaan penelitian surfaktan untuk EOR/IOR adalah kurangnya alat analisis yang memadai. Padahal pelaksanaan penelitian surfaktan untuk aplikasi EOR/IOR ini mensyaratkan peralatan/instrumentasi yang berstandar internasional. Untuk pengadaan alat analisis dibutuhkan biaya besar yang mencapai USD 300.000 (belum termasuk pajak) meliputi pengadaan spinningrop tensiometer, densitometer, viscosimeter, *coreflood test* dan lainnya. Sementara riset kompetitif atau hibah penelitian dari pemerintah tidak memperbolehkan penggunaan dana penelitian untuk pembelian alat analisis. Satu-satunya solusi agar diperoleh alat analisis dengan standar internasional adalah dengan mengandalkan bantuan industri. Berkat kerjasama penelitian yang dilakukan dengan Pertamina EP, secara perlahan berhasil dilakukan pengadaan alat/instrumen analisis. Hibah alat analisis juga diterima dari Bank Mandiri untuk melengkapi instrumen analisis di laboratorium.

6. Perlindungan Hak atas Kekayaan Intelektual

Pemanfaatan surfaktan MES dari minyak sawit untuk aplikasi EOR/IOR merupakan inovasi yang berhasil dikembangkan. Selama ini surfaktan MES hanya dimanfaatkan untuk produk sabun dan deterjen. Inovasi yang tim peneliti telah lakukan berhasil membuktikan bahwa surfaktan MES juga dapat dimanfaatkan untuk industri perminyakan khususnya aplikasi EOR/IOR. Untuk melindungi hasil temuan dan inovasi yang berhasil diperoleh, dibuat dan diajukan permohonan paten terhadap penemuan tersebut. Berbagai temuan yang diajukan perlindungan hak atas kekayaan intelektualnya diantaranya yaitu teknologi proses produksi surfaktan MES, metode penyiapan larutan surfaktan, aplikasi surfaktan untuk *enhanced water flooding*. Tidak hanya pendaftaran paten nasional yang diajukan, paten internasional juga saat ini sedang dipersiapkan pengajuannya.

7. Aplikasi Surfaktan MES yang Dihasilkan di Lapangan Minyak

Surfaktan memegang peranan penting dalam peningkatan kapasitas produksi minyak pada sumur yang sudah *highly depleted* dengan cara menurunkan tegangan antarmuka (IFT), mengubah kebasahan (*wettability*), menurunkan viskositas, mengecilkan *droplet* minyak dalam air, menstabilkan dispersi butiran minyak dan membersihkan sumur minyak, sehingga memudahkan proses pengaliran minyak dari *reservoir* ke lubang sumur produksi. Agar dapat menguras minyak yang masih tersisa secara optimal pada sumur minyak yang sudah *highly depleted* tersebut diperlukan jenis surfaktan yang larut minyak yang sesuai dengan kondisi fluida (air formasi dan minyak) dan *reservoir*. Kriteria utama penentu kualitas surfaktan untuk aplikasi di sumur minyak tua adalah IFT. Semakin rendah nilai IFT, semakin mudah terjadinya emulsi antara minyak dan air dan semakin berkurang tekanan kapiler pada daerah penyempitan pori-pori batuan *reservoir*, sehingga minyak yang terperangkap dalam pori-pori *reservoir* dapat dialirkan ke sumur produksi. Kinerja surfaktan dapat ditingkatkan dengan menambahkan alkali pada formulanya, seperti KOH, NaOH 0 - 1,6 % (w/w) (Nedjhioui *et al.*, 2005), dan Na₂CO₃ 0 - 0,6 % (Carrero *et al.*, 2006). Hal yang penting dalam proses penggunaan surfaktan untuk menghasilkan *recovery* minyak yang tinggi adalah: (a) memiliki IFT yang sangat rendah (minimal 10⁻³ dyne/cm) antara *chemical bank* dan *residual oil* dan antara *chemical bank* dan *drive fluid*, (b) memiliki kecocokan/kompatibiliti dengan air formasi dan kestabilan terhadap temperatur, (c) memiliki *mobility control* dan (d) layak secara bisnis (Pithapurwala *et al.*, 1986). BPMIGAS (2009) mensyaratkan surfaktan untuk keperluan EOR, yaitu IFT (≤10⁻³ dyne/cm), adsorpsi <400 µg/g core, stabil pada suhu reservoir selama 3 bulan, memiliki fasa III/fasa bawah, filtrasi rasio <1,2, dan *recovery oil incremental* berkisar 15 - 20% OOIP. Untuk memenuhi persyaratan tersebut, maka surfaktan MES perlu diujicoba di laboratorium dengan menggunakan fluida dan *core* dari lapangan minyak. Tahapan analisis yang dilakukan secara bertahap meliputi uji kompatibilias, uji IFT, uji *thermal stability*, uji *phase behavior*, uji adsorpsi, uji filtrasi, dan uji *coreflood*. Surfaktan MES harus lolos setiap tahapan uji yang dilakukan dan harus diverifikasi oleh LEMIGAS agar dapat diperbolehkan untuk diuji coba di lapangan minyak. Hasil pengujian kinerja formula surfaktan berbasis MES menunjukkan bahwa formula surfaktan kompatibel dengan air formasi dan

air injeksi, fasa yang terbentuk adalah fasa bawah, relatif stabil pada pemanasan hingga tiga bulan dengan nilai tegangan antarmuka $10^{-2} - 10^{-3}$ dyne/cm, filtrasi rasio (FR) <1,2 menggunakan membran filtrasi berukuran 0,45 μm , adsorpsi 250 μg bahan aktif/g *core* (menggunakan metode titrasi dua fasa), serta *incremental oil recovery* setelah injeksi air (*water flooding*) menggunakan *nativecore* 18,8% sementara hasil verifikasi oleh LEMIGAS dihasilkan *incremental oil recovery* 20,28%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa formula surfaktan MES yang dikembangkan lolos uji dan lolos verifikasi, sehingga mendapat ijin dari BPMIGAS pada tahun 2012 untuk diujicobakan di lapangan minyak milik Pertamina EP di Tanjung, Kalimantan Selatan. Saat ini proses ujicoba injeksi surfaktan MES di lapangan Tanjung sedang berlangsung, yang direncanakan akan dilakukan selama 8 bulan. Pengujian surfaktan MES skala laboratorium menggunakan fluida dari lapangan minyak lain saat ini juga masih berlangsung.

8. Penutup

Keberhasilan untuk melakukan pengembangan teknologi proses produksi surfaktan MES dan mendapatkan inovasi teknologi dan aplikasinya untuk EOR/IOR tidak terlepas dari ketekunan tim peneliti dalam melakukan penelitian secara terus menerus dan berkesinambungan, disertai kesabaran dan pantang menyerah dalam menghadapi kendala yang ada. Kegigihan untuk mencari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak serta kebaikan berbagai pihak dalam membantu juga mendukung keberhasilan penelitian ini. Untuk keberhasilan aplikasi surfaktan pada industri perminyakan, maka diperlukan peralatan analisis dengan standar internasional dan standar dalam bidang perminyakan, serta diperlukan pula kebijakan yang berpihak pada penelitian.

Daftar Pustaka

- BP MIGAS. 2009. Spesifikasi Teknis Surfaktan untuk Aplikasi EOR. BP MIGAS, Jakarta.
- Carrero E, Queipo NV, Pintos S dan Zerpa LE. 2006. Global sensitivity analysis of alkali-surfactant-polymer enhanced oil recovery processes. J. of Petroleum Science and Engineering, 58 : 30 – 42.
- Erliza H, Suryani A dan Rivai M.2012. Teknologi Surfaktan dan Aplikasinya. IPB Press, Bogor.
- Nedjhioui M, Moulai-Mostefa N, Morsli A dan Bensmaili A. 2005. Combined effects of polymer/surfactant/oil/alkali on physical chemical properties. Desalination, 185 : 543 – 550.
- Pithapurwala YK, Sharma AK, Shah DO. 1986. Effect of salinity and alcohol partitioning on phase behavior and oil displacement efficiency in surfactant-polymer flooding. J. Am. Oil Chem. Soc. 63 (6) : 804-813.