



## Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Anionik Terhadap Salinitas Optimum dalam Mikroemulsi Spontan dengan Sample Minyak Lapangan M

Ratna Widyaningsih

Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta,  
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Yogyakarta 55283 Indonesia  
email: [nayu\\_ratna@yahoo.co.id](mailto:nayu_ratna@yahoo.co.id)

Received 18 Januari 2017; Accepted 15 Maret 2017  
Available online 30 April 2017

### ABSTRAK

Formulasi optimum untuk injeksi kimia dapat ditentukan baik dengan pengukuran tegangan antarmuka yang minimum atau dengan uji perilaku daerah 3 fasa. Terkait dengan kurva desaturasi, dimana semakin rendah tegangan antarmuka, maka semakin rendah saturasi minyak sisa. Mikroemulsi tipe III berdasarkan klasifikasi Winsor adalah kondisi dimana tegangan antarmuka berada di posisi terendah dibandingkan dengan tipe I dan tipe II, dimana kondisi ini disebut juga salinitas optimum.

Salinitas optimum sangat dipengaruhi oleh interaksi kimia antara surfaktan-minyak dan surfaktan-air. Terkait dengan *gradient salinity* pada desain injeksi surfaktan, maka target salinitas optimum yang diharapkan haruslah tercapai untuk mengoptimalkan perolehan minyak. Uji kelakuan fasa dengan menggunakan surfaktan anionik dan contoh minyak dari Lapangan M, dilakukan untuk meneliti pengaruh konsentrasi surfaktan terhadap salinitas optimum dan rasio kelarutan air/minyak di dalam mikroemulsi. Pada penelitian ini, konsentrasi surfaktan anionik percobaan diubah dari 1 wt% menjadi 0,5 wt%.

Dari hasil uji coba tersebut, menunjukkan bahwa pengurangan konsentrasi surfaktan anionik menghasilkan penurunan salinitas optimum dari 42.000 ppm menjadi 31.000 ppm. Sedangkan solubilization ratio menunjukkan hasil tidak mengalami perubahan yang signifikan. Dari hasil penelitian ini, diharapkan penggunaan konsentrasi surfaktan yang tepat akan menjadi petunjuk dalam desain injeksi surfaktan yang diharapkan sesuai dengan kondisi salinitas alami air formasi di Lapangan M.

Kata Kunci : surfaktan, EOR, mikroemulsi, tingkat kelarutan

### Abstract

*The optimum formulation of chemical EOR can be determined either by minimum tension or by three-phase behavior. Related to desaturation curves, which is lower interfacial tension resulting lower residual oil saturation. Type III of microemulsion by Winsor classification is the condition which the interfacial tension achieves the lowest point comparing to type I and type II. This condition is also called optimum salinity.*

*Optimum salinity is strongly affected by chemistry interaction between surfactant-oil and surfactant-water. In order to gradient salinity in surfactant injection, the target of optimum salinity should be reached to get the optimal oil recovery. Phase behavior test by using anionic surfactant with oil sample from M field was provided to observe the effect of anionic surfactant concentration towards optimum salinity and solubilization ratio. In this experiment, the anionic surfactant was changed from 1 wt% to 0,5 wt%.*

*The results showed that reducing anionic surfactant concentration reducing optimum salinity from 42.000 ppm to 31.000 ppm. Thereby the solubilization ratio showed insignificant changes. From these experiments, it is expected that the results can be used as a guidance in surfactant injection design if there will be EOR project in M Field by using proper concentration of surfactant.*

Keywords : surfactant, EOR, microemulsion, solubilization ratio

## 1. PENDAHULUAN

Injeksi kimia merupakan salah satu yang metode EOR yang sudah lama diaplikasikan terutama di China, namun metode ini belum banyak digunakan di lapangan minyak di Indonesia mengingat biaya dan teknologi yang belum memadai saat itu. Seiring dengan berkembangnya penelitian di dalam negeri mengenai surfaktan, injeksi kimia ini mulai dilihat sebagai salah satu metode yang sesuai untuk lapangan di Indonesia. Mengingat rendahnya tekanan reservoir di lapangan migas di Indonesia, dimana injeksi kimia tidak dibatasi tekanan tertentu untuk mereaksikan minyak dengan agen EOR seperti halnya pada injeksi gas, maka injeksi kimia merupakan salah satu kandidat yang menjanjikan untuk EOR. Hal ini didukung dengan penelitian sintesis surfaktan dari berbagai sumber material dan metode.

Dengan adanya berbagai jenis surfaktan, anionik surfaktan adalah jenis surfaktan yang biasa digunakan untuk EOR pada batupasir dimana batupasir merupakan batuan reservoir yang dominan dijumpai di Indonesia. Berdasarkan tabulasi *screening* kriteria oleh JJ.Taber (1983), bahwa injeksi surfaktan bagus bila diaplikasikan pada minyak dengan *specific gravity* >25 °API. Pemilihan penggunaan sampel minyak dari Lapangan M pada eksperimen ini mengacu pada *screening* kriteria tersebut, dimana sampel minyak ini memiliki *specific gravity* sekitar 30 °API dan viskositas sebesar 8 cp.

Healy dan Reed, 1976 menunjukkan bahwa uji kelakuan fasa dari sistem surfaktan/ minyak/ air merupakan kunci utama untuk menafsirkan prinsip perolehan minyak melalui proses mikroemulsi. Bourrel dan Schechter, 1988, menyatakan untuk menghasilkan proses penyapuan yang sukses, pertama larutan surfaktan yang diinjeksikan harus mampu memberikan tegangan antar muka yang sangat rendah (*ultra low IFT*), sehingga dapat membuat minyak sisa bergerak dan menghasilkan oil bank dimana baik minyak maupun air mengalir dalam fasa yang menerus. Yang kedua harus bisa menjaga agar tetap pada tegangan antarmuka yang rendah pada poses pendesakan di zona *front* sehingga mencegah minyak yang bergerak tadi terjebak akibat adanya tekanan kapiler. Stagemeyer, G.L (1974) mengajukan perhitungan kurva desaturasi terkait dengan semakin besarnya capillary number maka semakin kecil saturasi minyak sisa yang artinya besarnya faktor perolehan minyak.

Winsor (1954) mengklasifikasikan mikroemulsi menjadi 3 tipe, yaitu tipe I atau disebut juga emulsi minyak di dalam air, tipe II disebut juga air di dalam minyak dan tipe III disebut juga *middle phase* dimana jumlah air dan minyak di dalam emulsi adalah sama. Harga salinitas pada kondisi ini disebut juga kondisi salinitas optimum Hirasaki et.al (1980) mengajukan konsep mengenai gradien salinitas yang terjadi pada saat injeksi surfaktan. Gradien ini mempengaruhi desain dalam injeksi surfaktan untuk mempertahankan agar tetap berada pada mikroemulsi tiga fasa (III) hal ini terkait dengan faktor perolehan minyak. Salager (1979) menyatakan bahwa formulasi optimum ditunjukkan oleh beberapa fenomena yang menyertainya, yaitu : (1) tegangan antar muka minimum, (2) adanya 3 fasa (air-emulsi-minyak) secara bersama-sama, (3) tingginya kelarutan baik air maupun minyak di dalam fasa mikroemulsi.

Huh.C (1979) menemukan keterkaitan antara salinitas dan harga tegangan antarmuka, dimana harga tegangan antarmuka mencapai titik terendahnya pada saat mencapai salinitas optimum. Salinitas optimum adalah kondisi dimana volume air dan minyak berada pada jumlah yang sama di dalam emulsi. Salinitas optimum ditentukan oleh interaksi (atraksi dan repulsi) surfaktan- minyak dan surfaktan-air. Dimana menurut Bourrel dan Schechter (1988), pada mikroemulsi tipe III, gaya pada minyak sama dengan gaya yang bekerja minyak sama dengan gaya pada air.

Ngoc T.B dkk. (2011) dan Widyaningsih R (2015) menyatakan bahwa salinitas optimum merupakan hasil sinergi dari komponen kimia dalam larutan surfaktan dan minyak. Oleh karena itu, sensitivitas terhadap perubahan komposisi perlu dilakukan untuk mendapatkan data observasi yang baik.

Studi kali ini akan berfokus pada pengaruh konsentrasi anionik surfaktan yang digunakan terhadap pergeseran salinitas optimum pada sistem air-mikroemulsi-minyak dengan sample minyak dari lapangan M di Indonesia.. Hal ini sangat berguna sebagai panduan dalam memformulasikan larutan injeksi surfaktan untuk menentukan strategi injeksi agar perolehan minyak mencapai optimal untuk EOR pada Lapangan M.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

Informasi mengenai salinitas optimum dalam surfaktan EOR didapat dari uji kelakuan fasa yang disebut juga dengan uji pengamatan salinitas. Surfaktan yang tersedia yang digunakan dalam penelitian ini adalah surfaktan sulfonat. Konsentrasi alkali dan pelarut (solvent) dijaga tetap sama untuk percobaan 1 dan 2 yaitu 0,2 wt%, sedangkan konsentrasi surfaktan yang digunakan pada percobaan pertama adalah 1 wt% dan percobaan kedua adalah 0,5 wt%. Alkali yang digunakan merupakan basa lemah yaitu sodium carbonate. Jenis alkali ini sering digunakan dalam injeksi kimia karena pH yang dihasilkan tidak sebesar jenis alkali berbas kuat. Pelarut (solvent) yang digunakan adalah Triethylene Glycol Butyl Ether (TEGBE). Contoh minyak yang digunakan adalah minyak dari lapangan M dimana densitas minyak ini termasuk kategori minyak ringan.

Bahan pemodifikasi salinitas air yang digunakan hanyalah sodium klorida, dimana NaCl merupakan komponen dominan dalam air formasi dan untuk memaksimalkan kinerja surfaktan, divalen ion harus dihindari.

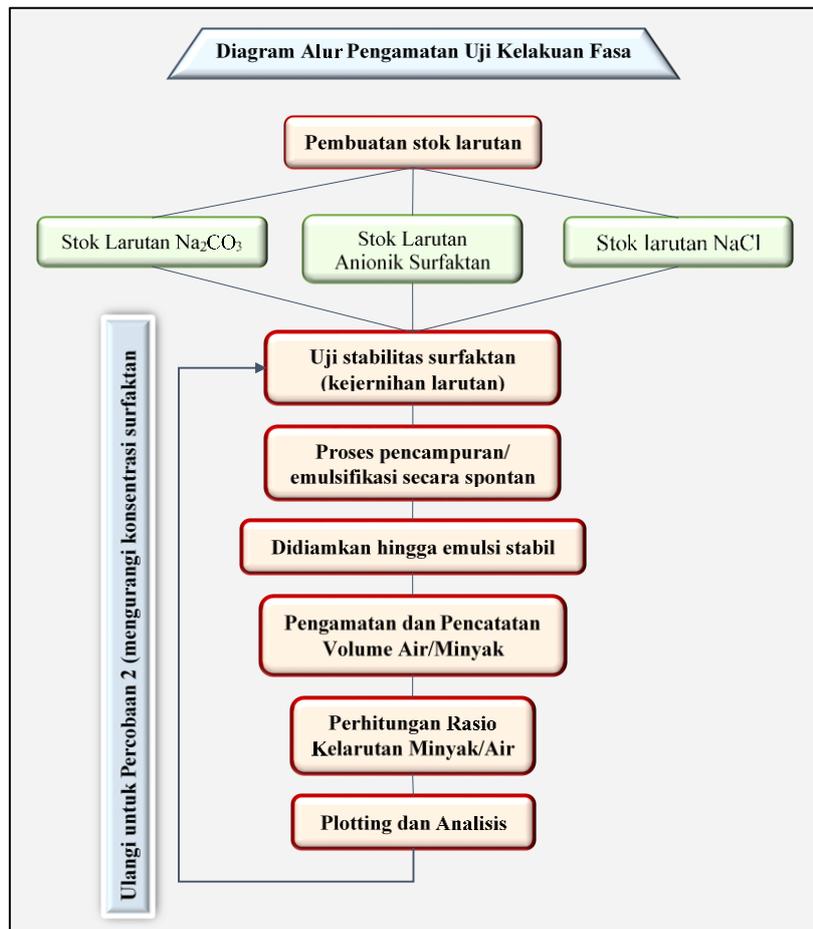
Uji pengamatan salinitas dilakukan di suhu ruangan dengan menggunakan pipet kaca berukuran 5 ml. Pipet kaca disusun pada rak dengan diberi label untuk setiap harga salinitas. Pengujian ini dilakukan dengan jangkauan harga salinitas sebagai berikut ; 0.5% ; 1% ; 2% ; 3% ; 4% ; 5% ; 6% ; dan 7%. Air garam tersebut dicampurkan dengan larutan surfaktan dan alkali sesuai perhitungan konsentrasi yang diharapkan. Total volume fasa air pada pipet gelas sebesar 2 ml. Setelah fasa air dimasukkan ke dalam pipet, kemudian minyak sebanyak 2 ml dituangkan juga ke dalam pipet tersebut. Sehingga perbandingan jumlah fasa minyak dan fasa air adalah 1 : 1. Formulasi pada percobaan 1 adalah 0,2 wt% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 1 wt% surfaktan anionik, 0,2 wt% Triethylene Glycol Buthyl Ether. Formulasi pada eksperimen 2 yaitu ; 0.2 wt% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 0.5 wt% surfaktan anionik, dan 0,2 wt% of TEGBE.

**Tabel 1. Tabulasi Formulasi Percobaan**

Percobaan	Konsentrasi Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> (wt%)	Konsentrasi Surfaktan (wt%)	Konsentrasi TEGBE (wt%)
Percobaan 1	0,2	1	0,2
Percobaan 2	0,2	0,5	0,2

Kemudian pipet di tutup dengan silikon gel untuk menghindari penguapan baik dari larutan kimia maupun contoh minyak. Setelah silikon kering, kemudian pipet dijungkir balikkan untuk mencampur fasa minyak dan fasa air. Pencampuran dilakukan secara manual tanpa kocokan yang sangat kuat seperti menggunakan mesin pengocok, karena diharapkan mikroemulsi secara spontan dapat terbentuk. Tetes-tetes emulsi yang sudah terbentuk akan ada yang berkoalisi dan ada juga yang terpecah, sehingga pengukuran menunggu hingga kondisi mikroemulsi stabil, kurang lebih sekitar 24 jam.

Langkah-langkah penelitian dituangkan ke dalam diagram alur kerja di bawah ini.



**Gambar 1. Diagram Alur Kerja Penelitian**

### 3. Hasil dan Pembahasan

Persiapan awal dilakukan dengan membuat stok larutan. Tahap ini dilanjutkan dengan mencampurkan alkali, surfaktan, solvent dan garam di dalam pipet gelas sesuai dengan konsentrasi yang diharapkan sebelum minyak dituangkan. Uji stabilitas dilakukan untuk menghindari pengendapan maupun pemisahan fasa yang bisa terjadi jika formulasi tersebut di injeksikan ke dalam reservoir. Hasil uji stabilitas untuk formulasi 1 dan 2 tidak terjadi pengendapan dan pemisahan fasa. Sehingga formulasi ini dapat dilanjutkan ke tahap eksperimen berikutnya. Hasil uji ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Uji Kelakuan Fasa Eksperimen 1

Pengamatan salinitas dilakukan dengan mencampurkan formulasi injeksi kimia dengan minyak dari lapangan M ke dalam pipet gelas pada suhu ruangan. Mikroemulsi yang terbentuk secara spontan, setelah didiamkan sampai 24 jam, kemudian hasil dicatat. Informasi yang dicatat adalah perubahan level batas air, minyak dan emulsi yang terbentuk sehingga perubahan volume masing-masing fasa dapat dihitung, baik yang terlarut dalam mikroemulsi maupun tidak.

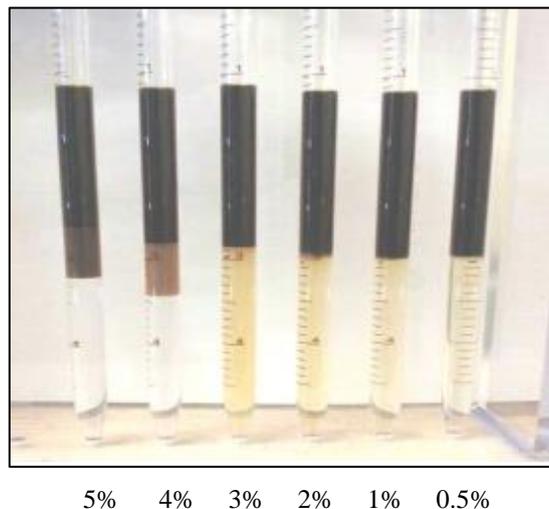
Hasil uji kelakuan fasa untuk percobaan 1 ditunjukkan pada Gambar 3. Pengamatan salinitas ini dilakukan dari 0,5 wt% (5000 ppm) sampai 5 wt% (50.000 ppm). Secara visual, tipe mikroemulsi dapat dibedakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dimana mikroemulsi tipe 1 (emulsi minyak di dalam air) terjadi pada salinitas 0,5 wt% sampai 3 wt%. Dalam gambar, terlihat bahwa terdapat tetes-tetes kecil minyak di dalam fasa air yang menyebabkan pada bagian bawah pipet menjadi berwarna kuning kecoklatan. Akibatnya, level pada fasa minyak berkurang. Sedangkan pada salinitas 4 wt% sampai 5 wt% terlihat jelas batas fasa antara air, mikroemulsi dan minyak. Pada fasa air tidak terdapat tetes-tetes minyak yang membuat fasa air berwarna keruh seperti pada salinitas sebelumnya. Maka tipe mikroemulsi ini disebut juga tipe III.

Hasil uji kelakuan fasa untuk percobaan 2 ditunjukkan pada Gambar 4. Pengamatan salinitas ini dilakukan dari 1 wt% (10.000 ppm) sampai 6 wt% (60.000 ppm). Mikroemulsi tipe 1 terjadi pada salinitas 1 wt% sampai 2 wt%. Sedangkan pada salinitas 3 wt% sampai 4 wt% terlihat batas fasa antara air, mikroemulsi dan minyak. Pada fasa air tidak terdapat tetes-tetes minyak yang membuat fasa air berwarna keruh seperti pada salinitas sebelumnya. Maka tipe mikroemulsi ini disebut juga tipe III. Sedangkan pada pipet dengan salinitas 5 wt% dan 6 wt%, fasa air terlihat jernih dengan penambahan sedikit level minyak yang dikarenakan adanya tetes-tetes air yang berada di fasa minyak. Tipe emulsi ini disebut mikroemulsi tipe II dimana fasa air berada dalam fasa minyak atau dapat dikatakan bahwa minyak menjadi fasa menerus.

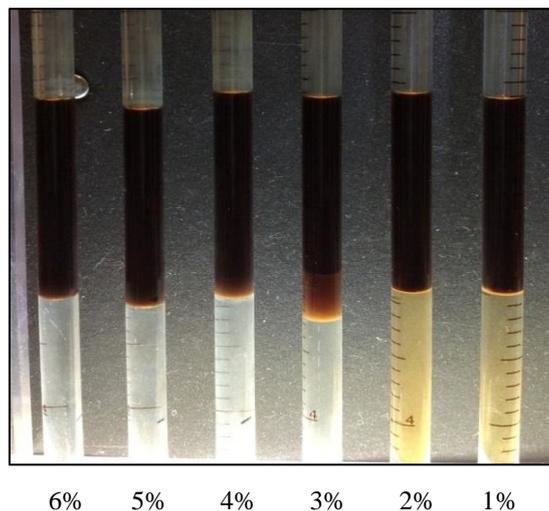
Pengamatan pada jangkauan salinitas tipe III ini terkait dengan perolehan minyak, dimana kaitannya dapat dijelaskan melalui kurva desaturasi antara harga *capillary number* terhadap harga saturasi minyak sisa. Semakin besar harga *capillary number* maka semakin kecil harga saturasi minyak sisa yang artinya perolehan minyak semakin besar. Harga *capillary number* di dipengaruhi tegangan antarmuka, dimana semakin kecil tegangan antarmuka maka semakin besar harga *capillary number*. Berdasarkan penelitian oleh Huh.C bahwa pada mikroemulsi tipe III ini merupakan titik terendah tegangan antarmuka.

Gambar 5 merupakan hasil plot dari rasio kelarutan minyak dalam emulsi dan air dalam emulsi. Garis jelas mewakili hasil percobaan 1 dan garis putus-putus mewakili hasil percobaan 2. Harga salinitas optimum ditunjukkan oleh perpotongan garis kelarutan minyak dalam emulsi dan air di dalam emulsi. Berdasarkan hasil yang diperoleh, terlihat pada grafik bahwa salinitas optimum dari percobaan 1 lebih besar dibandingkan percobaan 2 yaitu dengan berkurangnya konsentrasi surfaktan anionik dari 1 wt% ke 0,5 wt%. Hal itu dikarenakan hidrolisis surfaktan anionik yang menghasilkan muatan negatif pada bagian headnya, dimana bagian kepalanya merupakan hidrofilik. Sedangkan bagian ekor yang lipofilik berada di zona minyak. Dengan pengurangan surfaktan anionik, maka semakin sedikit muatan negatif dari surfaktan sehingga memerlukan kation yang lebih sedikit untuk menetralsirnya. Kation ini berasal dari  $\text{Na}^+$  dari dalam air garam ( $\text{NaCl}$ ). Hal ini yang menyebabkan berkurangnya harga salinitas optimum dari larutan surfaktan.

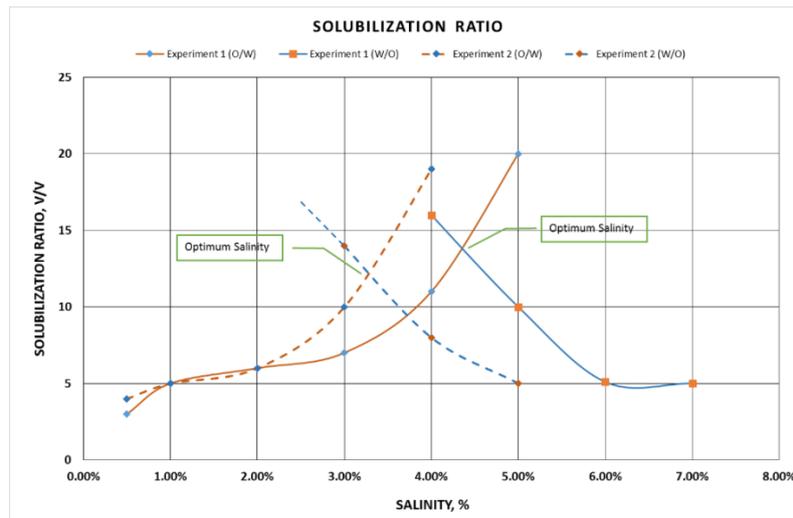
Sedangkan untuk perubahan rasio kelarutan minyak dalam emulsi dan air dalam emulsi pada percobaan 1 ke percobaan 2 terlihat pada Gambar 5. Dari grafik menunjukkan bahwa perubahan rasio kelarutan tidak terlalu signifikan. Hal ini dikarenakan rasio kelarutan terkait oleh struktur kimia dari surfaktan itu sendiri bukan konsentrasinya.



**Gambar 3. Uji Kelakuan Fasa Eksperimen 1**



**Gambar 4. Uji Kelakuan Fasa Eksperimen 2**



Gambar 5. Hasil Plot Rasio Kelarutan Air dan Minyak di Dalam Emulsi

#### 4. Kesimpulan

1. Konsentrasi merupakan salah satu kunci dari formulasi yang optimum selain jenis material kimianya.
2. Formulasi yang diuji baik formula 1 maupun formula 2 lolos uji stabilitas larutan untuk temperatur ruangan.
3. Pengurangan anionik surfaktan dapat mengurangi salinitas optimum.
4. Pengaruh konsentrasi anionik surfaktan terhadap rasio kelarutan minyak/air terhadap surfaktan tidak signifikan.
5. Dilihat dari zona mikroemulsi tipe III terhadap faktor perolehan minyak, maka untuk formulasi 1 disarankan desain injeksinya dipertahankan di salinitas 4 wt% sampai dengan 5wt%. Sedangkan untuk formulasi 2, disarankan di salinitas 3 wt% sampai dengan 4 wt%.

#### References

- Bourrel, M and Schechter, R.S. (1988), *Microemulsion and Related System: Formulation, Solvency, and Physical Properties*, Vol.30. New York, Surfactant Science Series, Marcel Dekker
- Healy, R.N., Reed, R.L., Stenmark, D.G. (1976). *Multiphase Microemulsion Systems*. SPEJ (June), 147–160; Trans. AIME, 261.
- Hirasaki, GJ et al. (1980). *Evaluation of Salinity Gradient Concept in Surfactant Flooding*, SPE/DOE Enhanced Oil Recovery Symposium, 20-23 April 1985, Tulsa
- Huh, C. (1979). *Interfacial Tension and Solubilizing Ability of A Microemulsion Phase that Coexists with Oil and Brine*. J. Coll. Int. Sci. 71, 408–428.
- Ngoc T.B, Nguyen et al. (2011). *Effect of Alkalis on Phase Behavior of Mixtures between Single and Double Tail Anionic Surfactant*, SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition, 20-22 September 2011, Jakarta
- Salager, J.L et al. (1979). *Optimum Formulation of Surfactant/Water/Oil Systems for Minimum Interfacial Tension or Phase Behavior*, first presented at the SPE-AIME Fifth Symposium on Improved Methods for Oil Recovery, held in Tulsa, April 16-19, 1978
- Sheng, James J. (2011). *Modern Chemical Enhanced Oil Recovery*, Elsevier, USA.
- Stegemeier, G. L. (1974). *Relationship of Trapped Oil Saturation to Petrophysical Properties of Porous Media*, paper SPE 4754 presented at the SPE-AIME Third Symposium on Improved Oil Recovery, Tulsa, Okla., April 22-24, 1974.
- Taber, J.J., Martin, F.D., (1983). *Technical Screening Guides for the Enhanced Recovery of Oil*, Paper SPE 12069 presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, San Francisco, 5–8 October
- Widyaningsih, Ratna. (2015). *EXPERIMENTAL STUDY : Chemical Synergism in Concocting Surfactant Formulation for Low Salinity Reservoir*, Prosiding Seminar Nasional Kebumihan X, November 2015