

# Uji Kelakuan Fase dan Tegangan Antarmuka Minyak-Surfaktan-Kosurfaktan-Air Injeksi

Oleh:

Nuraini, Sugihardjo dan Tjuwati Makmur

## I. PENDAHULUAN

Alkil benzena sulfonat merupakan salah satu jenis surfaktan yang mampu menurunkan tegangan antarmuka (IFT) minyak-air ke tingkat yang lebih rendah.

Dengan turunnya tegangan antarmuka minyak-air, maka tekanan kapiler yang bekerja pada daerah penyempitan pori-pori akan berkurang, sehingga sisa minyak yang terperangkap dalam pori-pori batuan mudah didesak dan diproduksi. Surfaktan bila dilarutkan di dalam air atau minyak, akan membentuk *micelle* yang merupakan mikroemulsi dalam air atau minyak. *Micelle* berfungsi sebagai media yang bercampur (*miscible*) baik dengan minyak maupun air secara serentak. Untuk mendapatkan nilai tegangan antarmuka minyak-air yang lebih rendah, maka ditambahkan kosurfaktan. Pada umumnya kosurfaktan yang digunakan adalah alkohol/ROH (C4, C dan C6).

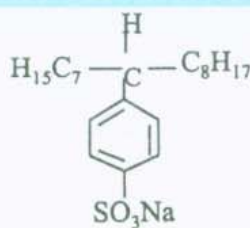
## II. STUKTUR ALKIL BENZENA SULFONAT (ABS)

ABS mempunyai rumus kimia



dan struktur sebagai berikut:

Secara komersial gugus anionik diproduksi dalam bentuk karboksilat, sulfonat, atau fosfat. Contoh struktur surfaktan anionik dapat dilihat pada Gambar - 2.1.



Gambar - 1

Natrium Alkil Benzena Sulfonat

Gambar - 2.1

Natrium Alkil Benzena Sulfonat

## III. KESEIMBANGAN FASE

Campuran surfaktan - air - minyak dapat membentuk emulsi fase bawah (larut dalam air), emulsi fase tengah (mikroemulsi, larut dalam fase minyak dan air), emulsi fase atas (larut dalam minyak).

Keseimbangan fase digambarkan dalam diagram terner (*ternary diagram*) terdiri atas tiga komponen: minyak, surfaktan dan larutan garam. Diagram terner pada Gambar -3.1 menunjukkan sistem tiga komponen; surfaktan, air, minyak dan mikroemulsi.

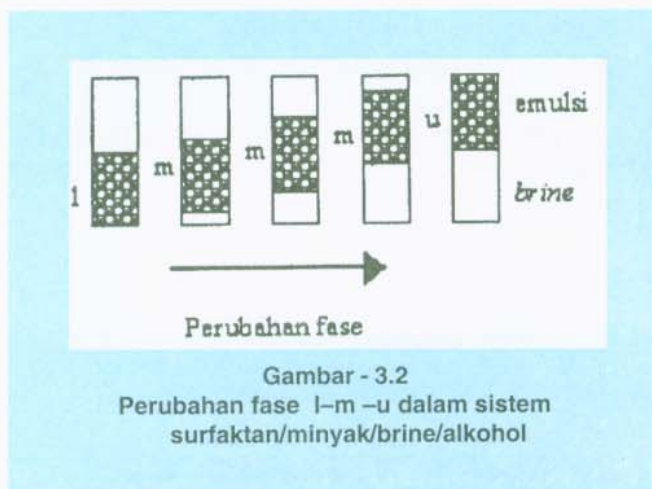
Prasyarat surfaktan agar dapat digunakan dalam EOR adalah sebagai berikut:

- Tegangan antarmuka (IFT) antara minyak dan mikroemulsi rendah
- Tegangan antarmuka (IFT) antara mikroemulsi dan air (*brine*) rendah
- Ambang batas toleransi salinitas
- Stabil atau tahan terhadap suhu.



Gambar - 3.1

Diagram ternary ideal untuk sistem surfaktan-minyak-air



Gambar - 3.2  
Perubahan fase l-m-u dalam sistem surfaktan/minyak/brine/alkohol

Faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan fase dari fase bawah ke fase tengah dan kemudian ke fase atas (l, lower - m, medium - u, upper) dalam sistem surfaktan/minyak/brine/alkohol adalah sebagai berikut:

- Meningkatnya salinitas
- Berkurangnya panjang rantai hidro- karbon (minyak)
- Meningkatnya konsentrasi alkohol (C4, C5, C6)
- Turunnya suhu
- Bertambahnya konsentrasi surfaktan
- Meningkatnya perbandingan brine/ minyak
- Meningkatnya perbandingan larutan surfaktan/minyak
- Meningkatnya berat molekul (B.M) surfaktan

Perubahan dari fase l-m-u dapat dijelaskan pada Gambar - 3.2 di bawah ini.

#### IV. TEORI MIKROEMULSI

Pengertian istilah yang dicantumkan dalam teori mikroemulsi (Prince, 1977), teori kelakuan fase mikroemulsi (Robbin, 1976) dan pendesakan surfaktan

dengan mikroemulsi (Gilbert, 1979) dapat dilihat pada Gambar - 4.1. Pada konsentrasi salinitas rendah (NaCl), cenderung terbentuk emulsi fase bawah dengan nilai tegangan antarmuka mikroemulsi-minyak ( $\gamma_{mo}$ ) cukup tinggi, kondisi dalam dua fase dan perbandingan volume air / volume surfaktan lebih besar dari volume minyak/ volume surfaktan ( $V_w/V_s > V_o/V_s$ ). Bilamana konsentrasi larutan NaCl ditingkatkan maka terjadi perubahan transisi fase bawah menjadi fase mikroemulsi, disertai penurunan nilai  $\gamma_{mo}$ . Pada kondisi fase mikro-emulsi, kondisi tiga fase (minyak, air, mikroemulsi) dan nilai tegangan antarmuka menjadi paling rendah (*the lowest IFT*), perbandingan  $V_w/V_s = V_o / V_s$ . Jika konsentrasi larutan NaCl dinaikkan lagi, maka terbentuk fase atas, nilai  $\gamma_{mw}$  semakin meningkat dengan adanya kenaikan konsentrasi larutan NaCl, kondisi dalam dua fase, dan perbandingan  $V_w/V_s < V_o/V_s$ .

#### V. HASIL PENGUJIAN

Alkil benzena sulfonat (ABS) merupakan surfaktan/ zat aktif permukaan yang dapat menurunkan tegangan antarmuka minyak-air dalam bidang peningkatan perolehan minyak (EOR). Keefektifan ABS menurunkan tegangan antarmuka minyak telah diteliti oleh Doe dan Wade pada tahun 1976 dan hasil tegangan antarmuka minyak-air rendah.

Hasil pengujian kelakuan fase dan tegangan antarmuka dari campuran minyak - ABS- kosurfaktan - air injeksi pada kondisi percobaan:

- ABS 3,0 %, IBA 3,0 % dan air injeksi (15000-30000 ppm).
- ABS 5,0 %, IBA 3,0 % dan air injeksi (15000 - 30000 ppm).
- ABS 7,5 %, IBA 3,0 % dan air injeksi (15000 - 30000 ppm)

Tabel - 1  
Uji penentuan fase dan tegangan antarmuka campuran minyak-ABS 3,0 % - IBA 3,0 % - air injeksi

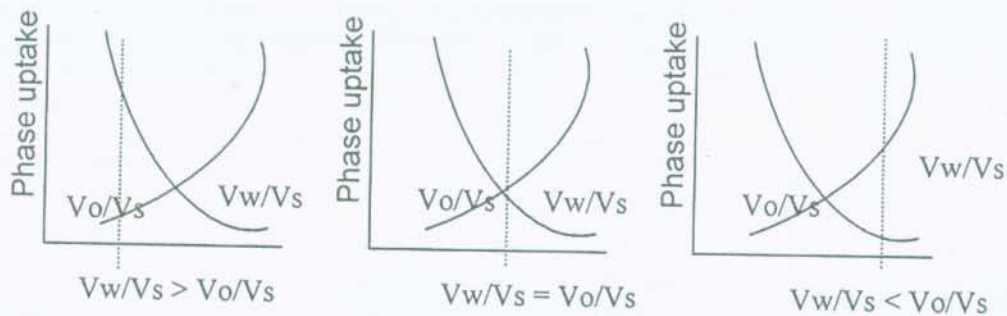
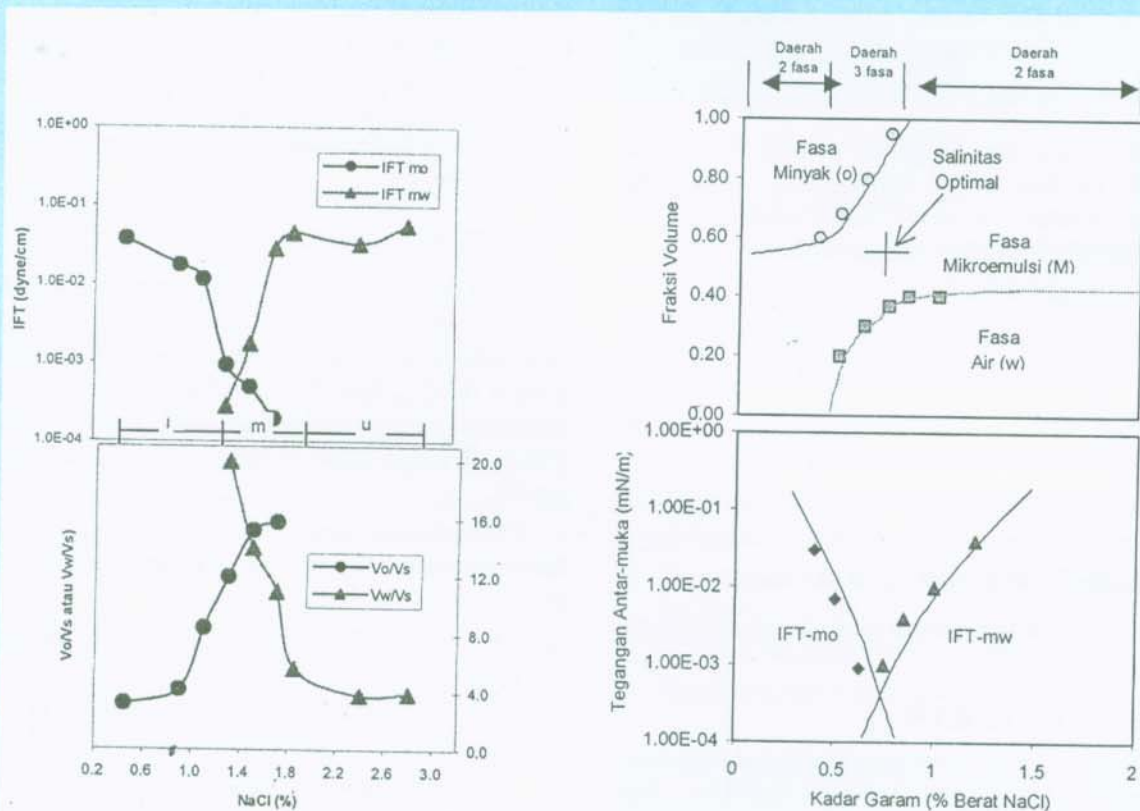
Air injeksi (ppm)	IFT, $\gamma_{mo}$ (dyne/cm)	IFT, $\gamma_{mw}$ (dyne/cm)	Keterangan
15000	0,002580	-	emulsi fase bawah
17500	0,002150	-	emulsi fase bawah
20000	0,001731	0,000057	mikroemulsi
22500	0,000703	0,000072	mikroemulsi
25000	0,000391	0,000101	mikroemulsi
27500	0,000147	0,000511	mikroemulsi
30000	0,000080	0,000690	mikroemulsi

Dari hasil uji kelakuan fase telah ditemukan dan dapat dilihat suatu perubahan transisi fase dari "emulsi fase bawah" pada kondisi:

- ABS 3,0, 5,0, 7 % dan IBA 3,0 %, air injeksi 15000 ppm dan 17500 ppm.
- ABS 1,875, 2,25 % dan IAA 0,75 %, air injeksi 20000 - 30000 ppm.

menjadi "mikroemulsi" pada kondisi:

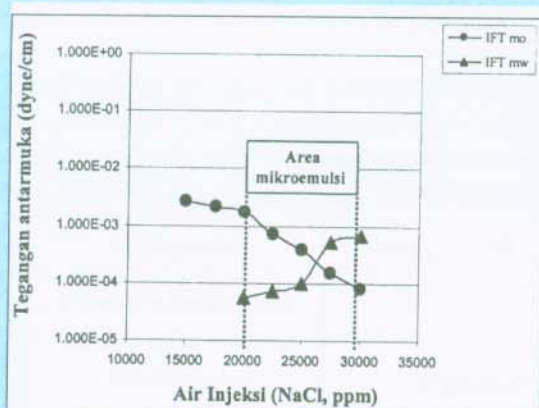
- ABS 3,0, 5,0, 7 % dan IBA 3,0 %, air injeksi 20000 - 30000 ppm.
- ABS 1,875, 2,25 % dan IAA 0,75 %, air injeksi 20000 - 30000 ppm.



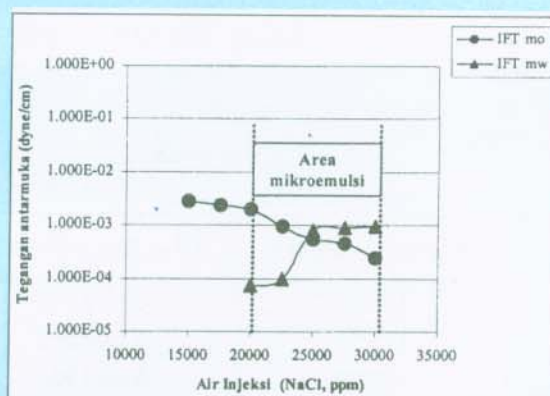
Gambar - 4.1  
 Teori mikroemulsi

**Tabel - 2**  
 Uji penentuan fase dan tegangan antarmuka campuran  
 minyak-ABS 5,0 % - IBA 3,0 % - air injeksi

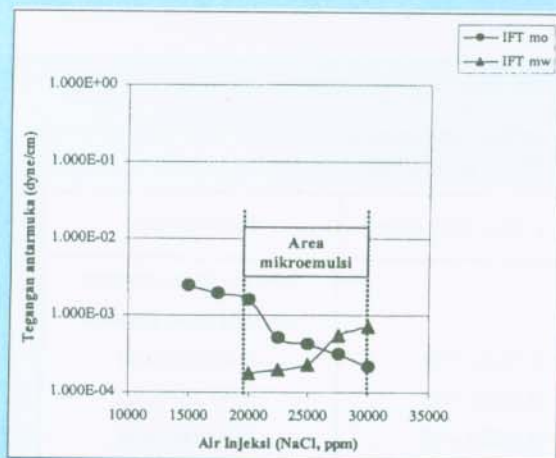
Air injeksi (ppm)	IFT, $\gamma$ mo (dyne/cm)	IFT, $\gamma$ mw (dyne/cm)	Keterangan
15000	0,002389	-	emulsi fase bawah
17500	0,001927	-	emulsi fase bawah
20000	0,001586	0,000178	mikroemulsi
22500	0,000501	0,000199	mikroemulsi
25000	0,000427	0,000234	mikroemulsi
27500	0,000310	0,000558	mikroemulsi
30000	0,000216	0,000728	mikroemulsi



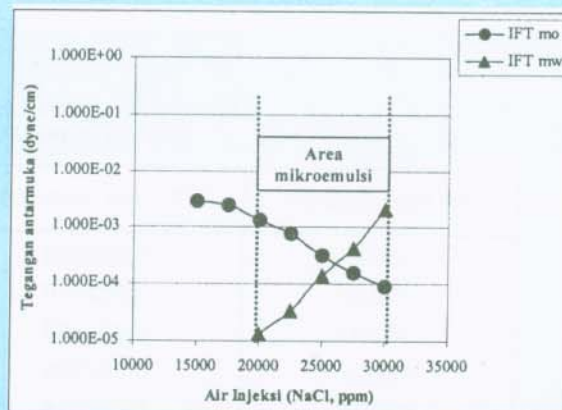
**Gambar - 5.1**  
 Tegangan antarmuka vs konsentrasi air injeksi campuran minyak-ABS-IBA-air injeksi (Konsentrasi ABS 3,0 % dan IBA 3,0 %)



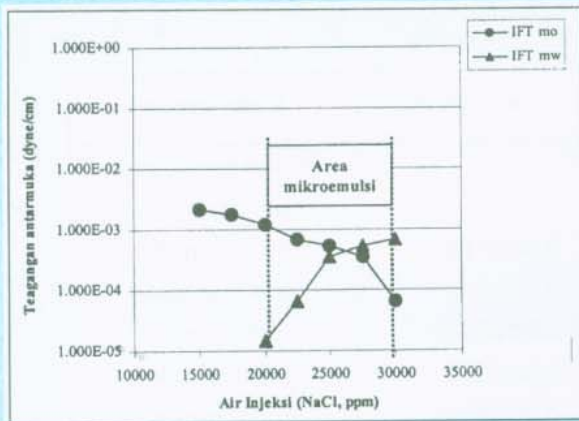
**Gambar - 5.3**  
 Tegangan antarmuka vs konsentrasi air injeksi campuran minyak-ABS-IBA-air injeksi (Konsentrasi ABS 7,5 % dan IBA 3,0 %)



**Gambar - 5.2**  
 Tegangan antarmuka vs konsentrasi air injeksi campuran minyak-ABS-IBA-air injeksi (Konsentrasi ABS 5,0 % dan IBA 3,0 %)



**Gambar - 5.4**  
 Tegangan antarmuka vs konsentrasi air injeksi campuran minyak-ABS-IBA-air injeksi (Konsentrasi ABS 3,0 % dan IBA 3,0 %)



Gambar - 5.5  
Tegangan antarmuka vs konsentrasi air injeksi campuran minyak-ABS-IAA-air injeksi (Konsentrasi ABS 2,25 % dan IAA 0,75 %)

4. ABS 1,875 %, IAA 0,75 % dan air injeksi (15000 - 30000 ppm).
5. ABS 2,25 %, IAA 0,75 % dan air injeksi (15000 - 30000 ppm).

Tabel-1 s.d. Tabel-5 memperlihatkan hasil tegangan antarmuka dan uji kelakuan fase pada berbagai konsentrasi ABS, dimana IBA adalah isobutanol dan IAA, isoalkil alkohol sebagai kosurfaktan dan air injeksi. Pada konsentrasi air injeksi 15000 ppm dan 17500 ppm terlihat terbentuk nya emulsi fase bawah, sedangkan pada konsentrasi air injeksi 20000-30000 ppm terbentuk mikroemulsi.

Gambar - 5.1 s.d. Gambar -5.5 adalah hasil uji kelakuan fase surfaktan ABS dan pengukuran tegangan antarmuka pada kondisi percobaan yang tercantum di atas.

Tabel - 3  
Uji penentuan fase dan tegangan antarmuka campuran minyak-ABS 7,5 % - IBA 3,0 % - air injeksi

Air injeksi (ppm)	IFT, $\gamma$ mo (dyne/cm)	IFT, $\gamma$ mw (dyne/cm)	Keterangan
15000	0,002789	-	emulsi fase bawah
17500	0,002365	-	emulsi fase bawah
20000	0,001953	0,000075	mikroemulsi
22500	0,000945	0,000098	mikroemulsi
25000	0,000532	0,000809	mikroemulsi
27500	0,000449	0,000895	mikroemulsi
30000	0,000249	0,000957	mikroemulsi

Tabel - 4  
Uji penentuan fase dan tegangan antarmuka campuran minyak-ABS 1,875 % - IAA 0,75 % - air injeksi

Air injeksi (ppm)	IFT, $\gamma$ mo (dyne/cm)	IFT, $\gamma$ mw (dyne/cm)	Keterangan
15000	0,002859	-	emulsi fase bawah
17500	0,002476	-	emulsi fase bawah
20000	0,001339	0,0000133	mikroemulsi
22500	0,000769	0,0000133	mikroemulsi
25000	0,000316	0,0001419	mikroemulsi
27500	0,000158	0,0004165	mikroemulsi
30000	0,000091	0,0021400	mikroemulsi

Hasil penelitian ini memperlihatkan suatu bukti kebenaran teori perubahan fase dan teori mikroemulsi yang telah dijelaskan dalam Bab III dan Bab. IV.

Bertambahnya konsentrasi NaCl dalam air injeksi (salinitas) mempengaruhi perubahan fase dari fase bawah menjadi mikroemulsi dalam sistem minyak/surfaktan/kosurfaktan/air injeksi.

## VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian kelakuan fase dan tegangan antarmuka campuran minyak-ABS kosurfaktan-air injeksi (NaCl) dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada konsentrasi NaCl air injeksi 15000 ppm dan 17000 ppm campuran minyak-ABS-kosurfaktan-air injeksi terbentuk emulsi fase bawah dan pada konsentrasi NaCl dalam air injeksi (20000 - 30000 ppm) terbentuk mikroemulsi. Dengan adanya kenaikan kadar salinitas, maka terlihat terjadinya perubahan kelakuan fase transisi dari emulsi fase bawah menjadi fase mikroemulsi. Jadi, faktor salinitas memegang peranan sangat penting dalam menentukan pembentukan fase dari sistem campuran tersebut diatas.
2. Terbentuknya emulsi fase bawah menunjukkan suatu indikasi bahwa fase tersebut terdiri atas dua fase, yaitu: emulsi dalam air dan minyak, sedangkan emulsi yang terbentuk pada fase tengah disebut dengan fase mikroemulsi yang terdiri atas tiga fase, yaitu: minyak-mikroemulsi-air.

3. Dengan bertambahnya kadar salinitas air injeksi, maka nilai tegangan antarmuka mikroemulsi minyak ( $\gamma_{mo}$ ) cenderung turun, sedangkan nilai tegangan antarmuka mikroemulsi-air ( $\gamma_{mw}$ ) naik.

## KEPUSTAKAAN

1. Robbins, M.L.: "Theory For The Phase Behaviour of Microemulsions Microemulsions", SPE 5839, 1976. p. 540-561.
2. Peter, H.D. and William, H.W.: "Alkyl Benzene Sulfonate For Producing Low Interfacial Tensions Between Hydrocarbons and Water", J. Colloid and Interface Science, Vol. 59, No. 3, May 1977. p. 525 - 531.
3. Prince. L.M.: "Theory and Practice of Microemulsions", Academic Press, INC., New York 1977.
4. Wilson, P.M, and Brander, C. F.: "Aqueous Surfactant Solution Which Exhibit Ultra Low Tension at the Oil-Water Interface "Presented at the 165th National Meeting of the American Chemical Society, Dallas, April 1973.
5. Cayias, J. L., Schechter, R.S. and Wade, W.H.: "The Measurement of Low Interfacial Tension via the Spining Drop Technique," in Adsorption at Interfaces, ed. by K. L. Mittal, A.C.S. Symposium Series 8, 1975, p.234-247. •