

Pemecahan Emulsi Simulasi dengan Variasi Salinitas Air Menggunakan Gelombang Mikro

Wasir Nuri

Jurusan Teknik Kimia, FTI,

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jln.SWK 104, Lingkarutara Condongcatur, Yogyakarta, 55283

Telp/Fax: (0274) 486889

Email: wasirnuri_fti@yahoo.co.id

Abstrak

Injeksi kukus ke dalam sumur minyak akan membentuk emulsi antara minyak mentah dengan air. Emulsi tersebut harus dipecah menjadi fase minyak dan air supaya tidak mengganggu proses pengolahan minyak di unit refinery. Stabilitas emulsi dipengaruhi oleh pH, salinitas air, temperatur serta konsentrasi kandungan aspalten, resin dan wax. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik emulsi minyak mentah dari Cepu dan mencari efektifitas pemecahan emulsi menggunakan radiasi gelombang mikro dibandingkan dengan menggunakan oven biasa. Penelitian dilakukan dengan membuat emulsi minyak mentah-air dengan variasi salinitas air mulai nol sampai 20 permil. Emulsi tersebut kemudian dikenakan radiasi gelombang mikro di dalam oven microwave dengan daya listrik 54 Watt. Efektifitas pemecahan emulsi menggunakan gelombang mikro dibandingkan terhadap efektifitas menggunakan oven biasa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa emulsi minyak mentah-air sangat stabil, stabilitas emulsi disebabkan kandungan aspalten, resin dan wax. Aspalten, resin dan wax di dalam minyak mentah merupakan emulsifier alam yang berfungsi menurunkan tegangan permukaan antara minyak dan air. Peningkatan salinitas akan menghasilkan persentase pemecahan emulsi semakin besar dan cepat. Emulsi yang dibentuk dari air yang salinitasnya 20 permil terpisah paling cepat dengan persentase pemecahan mencapai 100 % dalam waktu 15 menit, sedangkan emulsi yang dibentuk dari air yang salinitasnya nol terpisah paling lama, dalam waktu 15 menit terpecah 5 persen. Sementara menggunakan oven biasa untuk memecah emulsi sebesar 100 % diperlukan waktu 40 menit. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemecahan emulsi menggunakan gelombang mikro lebih efektif dibandingkan menggunakan oven biasa.

Abstract

Steam injected to oil well form a water in oil emulsion. The emulsion must be broke to oil and water phase because disturb oil processing in the refinery unit. The emulsion stability depends on pH, water salinity, temperature, asphaltene, resin and wax content. In this research are obtain characteristic emulsion crude oil from Cepu and to find emulsion breaking effectiveness using microwave radiation compare with usual oven. Water crude oil emulsion made from Cepu oil well with different salinity from 0 to 20 ppt. Further the emulsion is affected using microwave radiation from microwave apparatus with electric power 54 Watts. Emulsion breaking effects with microwave considered with effects use conventional oven. Research showed that emulsion very stable, stability because asphaltene, resin and wax content. Asphaltene, resin and wax are natural emulsifier in crude oil they will reduce surface tension water-oil interface. Increasing water salinity caused produce percentage emulsion breaking increase and faster. Emulsion with water salinity 20 ppt. is the fastest breaking with broke reach 100 percents in fifteen minutes. While emulsion formed water salinity nil the longest breaking, during fifteen minutes break five percents. While using conventional oven needs 40 minutes for breaking 100 percents. This results show that emulsion breaking use microwave process more effects consider with use conventional oven.

Keywords: Breaking, emulsion, crude oil, microwave.

I. Pendahuluan

Minyak mentah keluar dari perut bumi ada yang harus dibantu dengan diinjeksi uap air, diinjeksi uap diperlukan karena tekanan perut bumi tidak cukup kuat untuk menekan minyak mentah keluar dari sumur

minyak. Minyak mentah dan uap air keluar melalui pipa dengan turbulensi tinggi sehingga sebagian minyak mentah dan uap air membentuk emulsi minyak-air. Emulsi juga terjadi karena pencucian garam-garam yang terdapat di dalam minyak mentah. Garam-garam tersebut menyebarkan emulsi lebih stabil

(Kokal, 2005). Emulsi minyak-air menambah beban panas di reboiler, menambah daya pompa pada transportasi (pemompaan) minyak mentah dan menurunkan nilai panar bakar minyak. Oleh karena itu emulsi harus dipecah dan air dipisahkan dari dalam minyak mentah. Penelitian ini bertujuan:

- Mempelajari karakteristik minyak mentah dari Cepu hubungannya dengan pembentukan dan kestabilan emulsi.
- Mempelajari pengaruh salinitas terhadap pemecahan emulsi.
- Membandingkan efektifitas pemecahan emulsi menggunakan gelombang mikro pada salinitas bervariasi terhadap pemanasan menggunakan oven biasa.

Metode gelombang mikro dapat digunakan sebagai salah satu alternatif metode pemecahan emulsi di unit eksplorasi.

1. Emulsi

Emulsi adalah gabungan dua atau lebih komponen yang tidak saling melarutkan dengan salah satu cairan terdispersi di dalam cairan lainnya. Emulsi dapat berbentuk O/W atau W/O tergantung dari rasio minyak terhadap air, konsentrasi elektrolit, jenis surfaktan, temperatur dan sebagainya. Surfaktan ionic dengan HLB rendah diperkirakan membentuk W/O. (Binks, 1998). Emulsi di dalam minyak mentah menjadi persoalan besar pada proses produksi minyak. Emulsi tersebut sukar dipisahkan dan akan menambah beban panas serta mengganggu proses fraksinasi minyak mentah, oleh karena itu emulsi harus dipecah menjadi fase air dan minyak (Sjoblom, et.al.,1994). Emulsi minyak mentah dapat dipecah dengan cara fisika, kimia atau listrik (Kokal, et.al., 2005). Pemecahan emulsi secara listrik dicoba menggunakan gelombang mikro dan dengan ditambah garam anorganik menunjukkan hasil yang lebih efektif dan efisiensi mencapai 100 % dalam waktu yang sangat pendek (Xia, et. al., 2004). Abdurrahman (et.al., 2006) memecah emulsi minyak mentah-air pada perbandingan 50:50 sampai 20:80 % menggunakan gelombang mikro pada frekuensi 2,450 MHz. memerlukan waktu 20 sampai 180 detik dan temperatur naik secara linier seiring dengan berkurangnya air.

Percobaan membandingkan demulsifikasi emulsi minyak mentah-air dengan perbandingan 30:50 sampai dengan 70:50, pada demulsifikasi menggunakan pemanasan konvensional diperlukan waktu 5 sampai 60 menit sedangkan pemanasan dengan gelombang mikro diperlukan waktu 30 detik sampai 4 menit (Nour, et.al., 2006). Emulsi minyak mentah-air dibuat dari campuran air dan minyak mentah dengan perbandingan 50 % berbanding 50 % volum diaduk dengan kecepatan 1000 rpm selama 2 menit (Sjoblom, et.al.,1994). Selama ini emulsi minyak mentah-air menjadi persoalan pada

proses produksi minyak. Mekanisme dan kestabilan emulsi menjadi factor penting terhadap biaya dan pencemaran lingkungan (Aske, et. al., 2002). Stabilitas emulsi minyak-air ditentukan oleh beberapa parameter antara lain konsentrasi garam dari 0 - 5,5 %, pencampuran 800 -1600 rpm, konsentrasi air 10 - 80 % dan temperatur. (Nour, et. al., 2006). Hidrokarbon rantai panjang akan membentuk emulsi yang lebih stabil dari pada rantai pendek dan larutan elektrolit akan menambah kestabilan emulsi minyak-air (Binks, 1998). Aspalten merupakan zat penstabil emulsi minyak-air bilamana konsentrasinya lebih dari 500 ppm. Aspalten beraksi sebagai zat aktif permukaan yang akan menurunkan tegangan muka molekul minyak dan air (Borges, et. al. 2009). Emulsi minyak mentah-air yang terdapat di dalam minyak mentah merupakan mikro emulsi. Dalam membuat simulasi emulsi agar mendekati dengan emulsi yang terdapat di dalam minyak mentah maka emulsi dibuat dari campuran minyak mentah dan air dengan perbandingan volum 50 % dibanding 50 % dan diaduk dengan kecepatan putar 1400 rpm selama 5 menit.

2. Minyak Mentah

Minyak mentah terdiri dari campuran kompleks beberapa macam hidrokarbon molekul berat dan senyawa organik lainnya. Kandungan hidrokarbon dalam campuran bervariasi dari 50 % sampai lebih dari 97 % minyak berat (Norman, 2001). Minyak mentah mengandung partikel koloid, aspalten, agregat resin yang terdispersi di dalam larutan bercampur dengan minyak jenis alipatik atau aromatik alam (Aske, et. al., 2002).

3. Demulsifikasi

Demulsifikasi adalah pemecahan emulsi menjadi fase-fase penyusun, dalam hal ini memecah emulsi minyak mentah menjadi fase minyak dan fase air. Stabilitas emulsi minyak mentah-air dicapai karena pembentukan lapisan antarmuka partikel air dan minyak mentah. Penurunan stabilitas dan pemecahan emulsi berhubungan sangat erat dengan mengenyahkan lapisan antarmuka. Untuk memecah emulsi menjadi minyak dan air maka lapisan antar muka harus dihancurkan selanjutnya butiran-butiran air akan bergabung.

Ada dua tahapan demulsifikasi . Tahap pertama adalah penggumpalan atau pengelompokan dan tahap kedua adalah penggabungan menjadi satu fase penyusun (Kokal, 2005).

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kecepatan pemecahan emulsi antara lain: kenaikan temperatur, penurunan agitasi atau pemotongan, kenaikan waktu tinggal atau waktu tarikan (*retention*), pengenyahan padatan, pengendalian zat pemicu emulsi (Kokal, 2005).

Demulsifikasi dapat dilakukan dan disempurnakan dengan satu metode atau kombinasi dari metode- metode berikut:

Metode fisis dapat dilakukan dengan bermacam cara yaitu: Pemanasan, penurunan kecepatan aliran, merubah karakter fisik dari emulsi (Kokal, 2005).

Metode kimia paling umum digunakan untuk memecah emulsi yaitu dengan menambahkan zat kimia yang disebut demulsifier. Zat kimia tersebut dirancang untuk menetralkan pengaruh pemicu pengemulsi yang menstabilkan emulsi. Pada pemakaian metode kimia yang perlu diperhatikan adalah : pemilihan dan jumlah zat kimia yang cocok, pencampuran, pH, kecukupan waktu dan suhu (Kokal, 2005).

Metode listrik dilakukan menggunakan medan listrik. (Aske, et. al., 2002). Medan listrik akan mengganggu film antar muka dengan cara penataan kembali molekul-molekul polar. Dengan cara tersebut ikatan film menjadi lemah (Kokal, 2005).

4. Gelombang mikro

Menurut Maxwell sebuah medan magnetik yang berubah terhadap waktu bertindak sebagai sumber medan listrik dan sebuah medan listrik yang berubah terhadap waktu dapat bertindak sebagai sumber medan magnet. Medan listrik dan medan magnet ini dapat saling menopang membentuk sebuah gelombang elektromagnetik yang merambat melalui ruang.

Menurut Maxwell jika sebuah muatan listrik bergerak dengan kecepatan tetap maka di sekitar garis lintasan akan timbul medan magnet dan medan listrik. Medan listrik dan medan magnet bergerak tegak lurus terhadap arah perambatan dan medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus satu dengan lainnya dan bergerak ke satu arah maka gelombang tersebut merupakan gerak transfersal (Young, 2002).

Energi yang dihasilkan gelombang mikro dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2 + \frac{1}{2\mu_0} B^2 \quad (2)$$

dengan u energi (Joule), ϵ_0 permeabilitas medan listrik, μ_0 permeabilitas medan magnet, E medan listrik (Volt/m) dan B medan magnet (Tisla).

Hubungan medan magnet terhadap medan listrik dinyatakan dengan persamaan

$$B = E/c = \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} E \quad (3)$$

sehingga

$$u = \epsilon_0 E^2 \quad (4)$$

Aliran energi per satuan waktu setiap satuan luas (S)

$$S = \epsilon_0 c E^2 \quad (5)$$

$$S = \frac{EB}{\mu_0} \quad (6)$$

Gelombang elektro magnetik merupakan gelombang sinusoida sehingga besar energinya setiap waktu tidak sama, energy rata-ratanya adalah:

$$S_{rata-rata} = \frac{E_{max} B_{max}}{2\mu_0} \quad (7)$$

$$S_{rata-rata} = I \quad (8)$$

dimana I adalah arus listrik dalam Ampere (Young, 2002).

Gelombang elektromagnetik berdiri adalah gelombang sinusoidal dimana gelombang medan magnet berberda fase 90° terhadap gelombang medan listrik. Vektor medan listrik, vector medan magnet dan arah perambatan merupakan bentuk koordinat Cartesian bergerak maju searah sumbu x dan berotasi melingkar pada sumbu x tersebut seperti gerak sekrup, (Haznadar, 2000).

Alat memasak gelombang mikro menggunakan gelombang elektromagnetik berdiri. Panjang gelombang mikro sebesar 12,2 cm atau jarak antara bidang simpul sebesar 6,1 cm (Young, 2003).

Nour et. al., (2006) melakukan penelitian potensi teknik gelombang mikro pada demulsifikasi emulsi minyak mentah-air. Dari percobaannya diperoleh hasil bahwa dengan cara penyinaran gelombang mikro dapat mempercepat demulsifikasi emulsi minyak mentah-air dibandingkan dengan cara konvensional. Di sebuah laboratorium dan *test* lapangan telah didemostrasikan bahwa radiasi gelombang mikro dapat memecah emulsi air-minyak-padatan. Demulsifikasi menggunakan radiasi gelombang mikro menunjukkan pemisahan minyak dari air lebih cepat dibandingkan dengan cara konvensional (Fang, et. al., 1988).

Menurut (Halek, et. al., 2003) gelombang mikro dapat digunakan untuk mengolah sejumlah kontaminan pada emulsi hidrokarbon. Demulsifikasi menggunakan gelombang mikro pemisahanya tergantung pada frekuensi dan kekuatan gelombang mikro.

Energi gelombang mikro dapat memperlemah ikatan antara molekul hidrokarbon dengan molekul air sehingga dengan pancaran gelombang mikro yang sesuai dapat menyebabkan ikatan molekul hidrokarbon dengan molekul air menjadi pecah selanjutnya hidrokarbon akan terpisah dengan air dalam waktu 4 sampai 12 jam (Halek, et. al., 2004).

Air merupakan molekul polar sehingga muatan pada kutub-kutubnya akan tarik menarik dengan medan listrik yang bermuatan berlawanan jenis pada gelombang elektro magnetik. Gelombang elektro magnetik dari

alat pemasak mikro bergerak berotasi menyebabkan molekul air ikut berputar. Satu putaran memakan waktu satu periode panjang gelombang. Oven gelombang mikro memancarkan gelombang mikro biasanya pada frekuensi 2,450 MHz dengan panjang gelombang 12,24 cm, dengan demikian gelombang mikro setiap satu detik berotasi sebanyak 2.450 ribu kali. Putaran sebanyak itu menyebabkan molekul air berputar sebanyak 2.450 ribu kali. Molekul minyak atau molekul bukan jenis polar tidak ikut berputar. Molekul air berputar sangat cepat sedangkan molekul minyak diam akibatnya ikatan molekul air-minyak pecah dan gesekan antara air dengan minyak menimbulkan *friksi* sehingga timbul panas, panas tersebut membantu demulsifikasi.

1. Oven Gelombang mikro

Oven gelombang mikro adalah sebuah peralatan dapur yang menggunakan radiasi gelombang mikro untuk memasak atau memanaskan makanan. Alat pemasak gelombang mikro memakai gelombang elektromagnetik berdiri dengan bidang gelombang medan magnet dan medan listrik bergerak maju secara transversal dan berotasi seperti sekrup bergerak maju sambil berputar. Bagian utama oven gelombang mikro pada umumnya sebuah magnetron, rangkaian

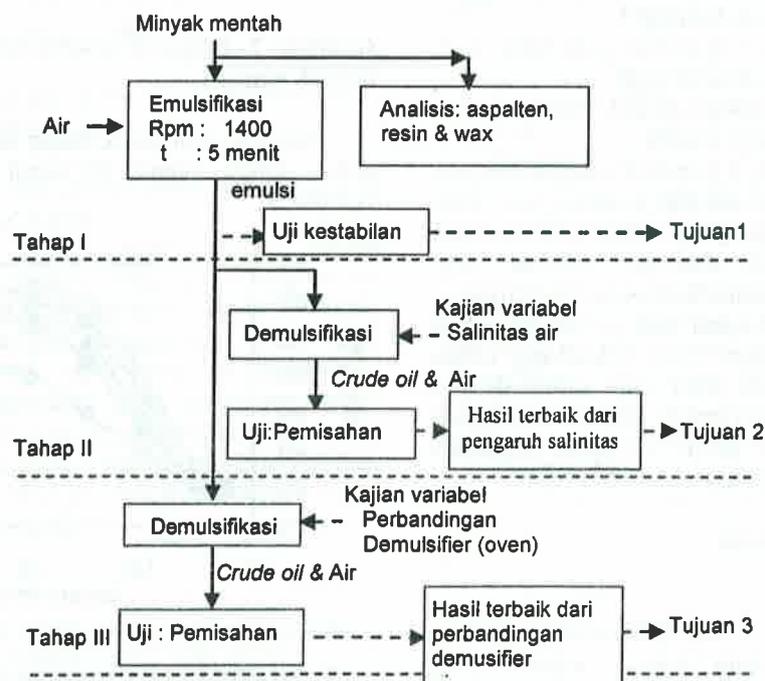
pengendali, pengatur gelombang atau *waveguide* dan ruang pemasak.

Molekul di dalam makanan sebagian besar bersifat polar artinya mereka memiliki sebuah muatan positif pada satu sisi dan sebuah muatan negatif di sisi lainnya oleh karena itu mereka akan berputar pada saat molekul menata dirinya dengan medan listrik yang berubah-ubah serta diinduksi oleh pancaran gelombang mikro. Gerakan molekuler inilah yang menciptakan panas (Lee, 2000).

Air adalah molekul polar artinya ada kutub yang bermuatan negative dan sisi lainnya bermuatan positif seperti jarum kompas. Jika salah satu kutub atau kedua kutub berada pada medan listrik sejenis yang berasal dari gelombang mikro maka akan terjadi gaya tolak menolak menyebabkan molekul air akan berputar. Karena rotasi tersebut akan terjadi gesekan dan akan timbul panas (Lee, 2000).

II. Metodologi

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah *crude-oil* yang berasal dari sumur minyak Cepu. Penelitian di sini menggunakan alat Oven *Microwave* dengan merk SHARP model R-108 SE, frekuensi 2,450 MHz, daya input 960 Watt, daya output 600 Watt, power supply AC 220 Volt.



Gambar 5. Diagram alir tahapan penelitian.

Garis besar penelitian terdiri dari 3 tahap yaitu : Tahap satu: Menganalisis kandungan aspalten, resin dan wax dan menyiapkan bahan penelitian dengan cara mencampur minyak mentah dengan air di dalam gelas Becker ukuran 100 ml dan diaduk dengan kecepatan 1400 rpm selama 5 menit. Salinitas air divariasi mulai 0 sampai 20 permil dan melakukan uji kestabilan emulsi. Tahap dua: Demulsifikasi emulsi minyak-air menggunakan oven gelombang mikro. Pada percobaan ini 10 ml emulsi pada salinitas nol dimasukkan ke dalam tabung reaksi 20 ml kemudian dipanasi menggunakan oven gelombang mikro pada daya 54 Watt. Minyak mentah dan air yang terpisah diukur volum dan suhunya setiap 5 menit sampai 40 menit atau emulsi pecah 100 persen. Demulsifikasi diulangi menggunakan salinitas 5 sampai 20 ‰. Pada tahap ini akan diperoleh salinitas dan suhu yang menghasilkan pemecahan emulsi paling banyak. Tahap tiga: Membandingkan demulsifikasi emulsi menggunakan oven gelombang mikro terhadap oven biasa pada suhu yang sesuai dengan tahap dua. Pada tahap ini 10 ml emulsi dengan variasi salinitas dimasukkan ke dalam tabung reaksi, tabung reaksi dan emulsi dimasukkan ke dalam oven biasa pada suhu yang sesuai dengan percobaan pada tahap dua. Minyak mentah dan air yang terpisah diukur volumenya setiap 30 menit sampai 24 jam. Pada tahap ini akan dihasilkan demulsifikasi mana yang lebih cepat dan efektif. Diagram tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.

Pengolahan data hasil penelitian pada tahap 1, 2, dan 3 menggunakan metode deskriptif.

Tahap 1 : Uji kestabilan emulsi disetiap waktu tertentu terhadap pemecahan emulsi.

Tahap 2 : Analisis data percobaan dengan bantuan tabel dan grafik pengaruh salinitas terhadap persentase pemecahan emulsi sampai pada waktu tertentu. Dari grafik atau tabel dapat diperoleh salinitas yang memberikan persentase pemecahan emulsi terbanyak.

Tahap 3 membandingkan data percobaan antara demulsifikasi menggunakan oven gelombang mikro terhadap oven biasa pada suhu yang sesuai dengan pada tahap dua diamati saat emulsi terurai menjadi fase minyak dan air. Dari tahap ini akan diperoleh demulsifikasi yang mana yang efektif dan cepat.

III. Hasil dan Pembahasan

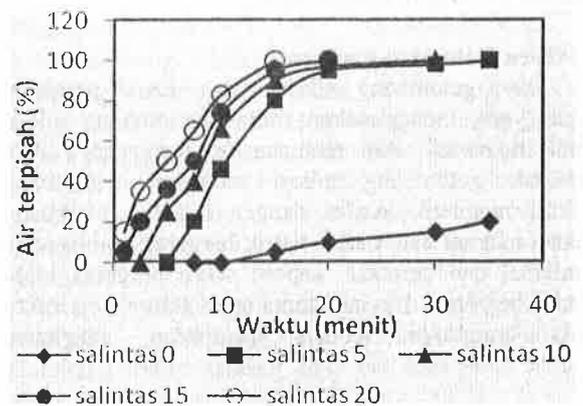
1. Stabilitas emulsi

Hasil analisis bahan baku adalah komposisi aspalten, resin dan wax di dalam minyak mentah yang dinyatakan dalam % berat adalah berturut-turut: 2,002%, 5,65% dan 3,939%. Data uji stabilitas emulsi menunjukkan bahwa emulsi minyak mentah dari Cepu dan air dengan salinitas mulai nol sampai 20 permil sangat stabil, dalam waktu satu tahun belum terjadi pemisahan air. Emulsi berbentuk pasta dan mendekati

padat, selama suhu emulsi tidak lebih dari 35°C emulsi tidak akan terurai menjadi minyak dan air. Hal ini disebabkan minyak mentah mengandung aspalten, resin dan wax, ketiganya merupakan emulsifier alam dengan kandungan aspalten lebih dari 500 ppm, perbandingan air terhadap minyak masuk dalam *range* stabil dan minyak mentah merupakan hidrokarbon rantai panjang dengan ditandai cairan kental serta titik didih lebih dari 100°C.

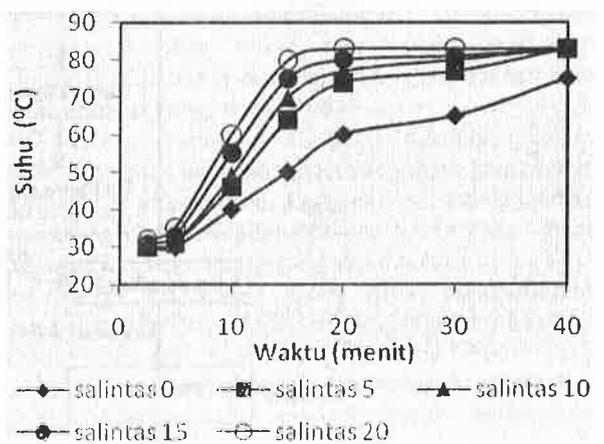
2. Pengaruh Salinitas

Hasil percobaan pengaruh salinitas air terhadap presentase pemecahan emulsi dengan daya 54 W dalam sampai waktu 40 menit dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh salinitas terhadap persentase minyak terpisah

Pengaruh salinitas terhadap suhu pada daya 54 W. dalam waktu sampai 40 menit dapat dilihat pada Gambar 3.



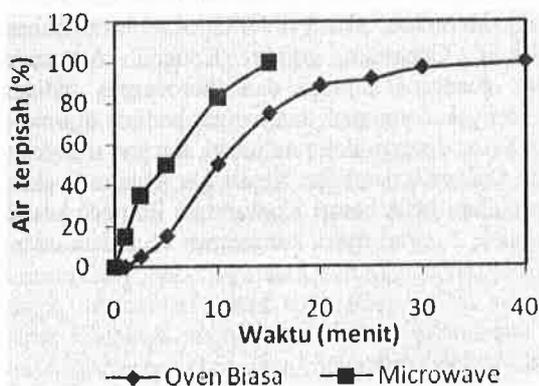
Gambar 3. Pengaruh salinitas dan waktu terhadap suhu emulsi

Gambar 2, menunjukkan bahwa semakin besar salinitas air pemecahan emulsi semakin cepat. Sebagai contoh

emulsi dengan salinitas 0 permil dalam waktu 60 menit air yang terpisah sebesar 10 %, sedangkan dengan salinitas 20 permil air yang terpisah sebesar 30 %. Hal ini disebabkan oleh kandungan garam yang semakin besar. Garam merupakan senyawa polar sehingga akan ikut berputar jika mendapat pancaran gelombang elektro magnetik berdiri sedangkan minyak tidak berputar oleh sebab itu emulsi lebih cepat pecah pada salinitas yang lebih tinggi. Disamping itu dengan putaran tersebut akan timbul panas, panas akan membantu pemecahan emulsi.

3. Perbandingan demulsifikasi

Data perbandingan demulsifikasi antara oven *Microwave* terhadap oven biasa disajikan dalam bentuk grafik seperti ditunjukkan pada Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Perbandingan demulsifikasi antara oven gelombang mikro terhadap oven biasa

Hasil perbandingan demulsifikasi terlihat bahwa demulsifikasi menggunakan oven gelombang mikro pemecahan emulsi lebih cepat. Sebagai contoh demulsifikasi menggunakan oven gelombang mikro pemecahan emulsi 100 % diperlukan waktu 15 menit, sedangkan demulsifikasi menggunakan oven biasa diperlukan waktu 40 menit. Hal ini disebabkan demulsifikasi menggunakan oven gelombang mikro pemecahan emulsinya oleh putaran molekul polar dan panas yang ditimbulkan, sedangkan demulsifikasi menggunakan oven biasa pemecahan emulsinya hanya disebabkan oleh panas saja.

IV. Kesimpulan

2. Emulsi minyak mentah dari Cepu sangat stabil, dalam waktu 1 tahun tidak ada air yang terpisah.
3. Pemecah emulsi sampai 100 % terjadi pada salinitas air 20 permil, diperlukan waktu 15 menit. Pada salinitas 5 permil waktu 35 menit, pada salinitas nol, waktu 40 menit air terpisah 70 %.

4. Demulsifikasi menggunakan oven gelombang mikro lebih cepat dan efektif dibanding demulsifikasi menggunakan oven biasa. Pada oven gelombang mikro untuk memecah emulsi 100 % diperlukan waktu 15 menit, sedangkan pada oven biasa diperlukan waktu 40 menit.

V. Daftar Pustaka

- Abdurahman, H., Nour, H., Rosli, Yunus, M., Zulkifly, J., 2006, Study on Demulsification of Water-in-Oil Emulsions Via Microwave Heating Technology, *J. Applied Sci.*, 6, p.2060.
- Aske, N, Kallevik, H. and Sjoblom, J., 2002, Water-in-Crude oil emulsion stability studied by critical electric field measurements, *Statoil R&D centre*, pp. 2-5.
- Binks, B.P., 1998, Modern Aspects of Emulsion Science, 1st edition, vol. 4, pp. 2-4, London, Royal Society of Chemistry.
- Borges, B., Rondon, M., Sereno, O. and Asuje, 2009, Breaking of Water-in-Crude-Oil Emulsions. 3. Influence of Salinity and Water-Oil Ratio on Demulsifier Action, *Enegy Fuel*, Vol. 23, p. 1569.
- Fang, C. S., Bruce K. L., Chang, Peter M. C., Lai, Klaila, W. J., 1988, MICROWAVE EMULSIFICATION, *Chem. Eng. Com.*, Vol.73, p. 227.
- Halek, J.M., Harris, P.A., Thompson, R., Ferri, R., Squires, J., 2003, Microwave Demulsification of Hydrocarbon Emulsion, United States Patent and Trademark Office (USPTO), No. 10/619,011.
- Haznadar, Z. and Stih, Z. 2000, Electromagnetic field, Wave and Numerical Methods, *IOS Press*, p. 242.
- Kokal, S., 2005, Crude Oil Emulsion : A State of the Art Review, *SPE Sauci Aramco*, Revec ed., pp. 5-9.
- Lee, 2000, How Microwaves Work, pp.1-3, Colorado. Colorado University.
- Norman, J.H., 2001, Nontechnical Guide to Petroleum Geology Exploration, Drilling and Production, p. 4, 2nd edition, Oklahoma, Penn Well Corporation.
- Nour, H., Abdurahman H., Yunus, M. R.; Anwaruddin, H., 2006, Water-in-Crude Oil Emulsions: Its Stabilization and Demulsification, *J. Applied Sci.*, vol.7, p.19.
- Sjoblom, J., Mingyuan, L., Christy A.A., Ronningsen, H. P., 1994, Water-in-crude oil Emulsions, pp. 55-62, Bergen, Reservoir Technology,
- Xia, L.X., Lu, S.W., and Cao, G.Y., 2004, SALT-ASSISTED MICROWAVE DEMULSIFICATION, *Chem. Eng. Com.*, Vo.191, p. 1053.
- Young, H.D. and Freedman, R.A., 2002, University Physics, pp. 464-475, 10th edition, California, Wesley Longman, Inc.