

LAPORAN
PENELITIAN DOSEN PEMULA (PDP)

Pengaruh suhu terhadap penambahan konsentrasi limbah minyak jelantah sebagai bahan surfaktan pada metode peningkatan perolehan minyak.

TIM PENELITI

Puri Wijayanti, ST, MT	(0326028701)	Ketua
Ir. Pauhesti, MT	(0312116510)	Anggota
samsol., ST., MT	(0303118603)	Anggota
Widia Yanti, SSi, MT	(0306078504)	Anggota
Tia Agusta	071001900101	Anggota
Rizka Nada Setyani	071001800103	Anggota



TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KEBUMIHAN DAN ENERGI
UNIVERSITAS TRISAKTI
2021/2022



**LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN
TAHUN AKADEMIK 2021/2022
0075/PDP/FTKE/2021-2022**

- 1. Judul Penelitian** : Pengaruh suhu terhadap penambahan konsentrasi limbah minyak jelantah sebagai bahan surfaktan pada metode peningkatan perolehan minyak.
- 2. Skema Penelitian** : Penelitian Dosen Pemula (PDP)
- 3. Ketua Tim Pengusul**
- a. Nama : Puri Wijayanti, ST, MT
- b. NIDN : 0326028701
- c. Jabatan/Golongan : Asisten Ahli/III-B
- d. Program Studi : TEKNIK PERMINYAKAN
- e. Perguruan Tinggi : Universitas Trisakti
- f. Bidang Keahlian : Ilmu Teknik Perminyakan
- g. Alamat Kantor/Telp/Fak/surel : Jl. Mahoni 5 Blok B1 No. 19 RT 01 RW 09, Perum BJI, Bekasi Jaya, Bekasi Timur, Bekasi 17112
- puri.wijayanti@trisakti.ac.id
- 4. Anggota Tim Pengusul**
- a. Jumlah anggota : Dosen 3 orang
- b. Nama Anggota 1/bidang keahlian : Ir. Pauhesti, MT/Perminyakan
- c. Nama Anggota 2/bidang keahlian : samsol., ST., MT/Teknik Reservoir
- d. Nama Anggota 3/bidang keahlian : Widia Yanti, SSi, MT/Teknik Perminyakan, Panas Bumi, Energi
- e. Jumlah mahasiswa yang terlibat : 2 orang
- f. Jumlah alumni yang terlibat : 0 orang
- g. Jumlah laboran/admin : 1 orang
- 5. Waktu Penelitian**
- Bulan/Tahun Mulai : September 2021
 - Bulan/Tahun Selesai : Agustus 2022
- 6. Luaran yang dihasilkan** :
- Publikasi di Conference Series Bereputasi
 - Hak Kekayaan Intelektual
 - Publikasi di Jurnal
- 7. Biaya Total** : Rp17.500.000,-
(Tujuh Belas Juta Lima Ratus Ribu)

Dekan



Dr. Ir. Muhammad Burhannudinur, M.Sc., IPM.

NIDN: 0310106704

Jakarta, 10 Agustus 2022

Ketua Tim Pengusul



Puri Wijayanti, ST, MT

NIDN: 0326028701

Direktur



Prof. Dr. Astri Rinanti, S.Si., MT

NIDN: 0308097001

IDENTITAS PENELITIAN

Skema Penelitian	: Penelitian Dosen Pemula (PDP)
Judul Penelitian	: Pengaruh suhu terhadap penambahan konsentrasi limbah minyak jelantah sebagai bahan surfaktan pada metode peningkatan perolehan minyak.
Fokus Penelitian	: Green Energy
Rumpun Penelitian	: Green Engineering/ Technology
Mata Kuliah yang terkait	: Enhanced Oil Recovery
Topik Pengabdian kepada Masyarakat yang terkait	: Pelatihan Pembuatan Surfaktan dari Minyak Jelantah bag Siswa dan Guru di SMK Migas Cibinong

Tim Peneliti

Peneliti	NIK/ NIM	Posisi	Status	Program Studi	Fakultas
Puri Wijayanti, ST, MT	32750166 02850011	Ketua	Dosen Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Ir. Pauhesti, MT	3197	Anggota	Dosen Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
samsol., ST., MT	3042	Anggota	Dosen Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Widia Yanti, SSi, MT	3103	Anggota	Dosen Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Tia Agusta	07100190 0101	Anggota	Mahasiswa Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Rizka Nada Setyani	07100180 0103	Anggota	Mahasiswa Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE
Lisa Sugiarti	32160645 11910008	Anggota	Laboran/Ad min Trisakti	TEKNIK PERMINY AKAN	FTKE

Lokasi dan atau Tempat Penelitian	:
Masa Penelitian	
Mulai	: September 2021
Berakhir	: Agustus 2022
Dana diusulkan	: Rp17.500.000,-
Sumber Pendanaan	: 5.2.02.02.02
Target Kesiapterapan Teknologi	: TKT 1
Produk Inovasi	:
Luaran	: Publikasi di Conference Series Bereputasi Hak Kekayaan Intelektual Publikasi di Jurnal

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Identitas Penelitian	iii
DAFTAR ISI.....	1
DAFTAR TABEL.....	2
DAFTAR GAMBAR	3
RINGKASAN PENELITIAN.....	4
BAB 1. PENDAHULUAN	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	19
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN	37
LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel IV. 1 Data Awal Percobaan	23
Tabel IV. 2 Komposisi Pembuatan Surfaktan	23
Tabel IV. 3 Campuran Surfaktan dalam Brine	24
Tabel IV. 4 Hasil nilai viskositas disetiap larutan pada temperatur 30° dan 70° C	11
Tabel IV. 5 Nilai Uji Densitas Konsentrasi Surfaktan Temperatur 30° dan 70° C	12
Tabel IV. 6 Nilai Uji Specific Gravity Konsentrasi Surfaktan Temperatur 30° dan 70° C	12
Tabel IV. 7 Nilai IFT terhadap Konsentrasi Surfaktan dengan Temperatur 30° C dan 70° C	13
Tabel IV. 8 Hasil Uji Sifat Batuan	15

DAFTAR GAMBAR

Gambar III. 1 Diagram alir penelitian surfaktan berbahan dasar minyak jelantah	45
Gambar IV. 1 Pengaruh Konsentrasi Surfaktan terhadap Viskositas pada suhu 30° dan 70° C	50
Gambar IV. 2 Konsentrasi terhadap Densitas pada Temperatur 30° dan 70°	51
Gambar IV. 3 Konsentrasi Surfaktan terhadap Specific Gravity pada Temperatur 30° dan 70° C ...	52
Gambar IV. 4 Hasil Nilai CMC pada IFT terhadap Konsentrasi Surfaktan dan Temperatur 30° dan 70° C	53

RINGKASAN PENELITIAN

Penelitian dengan judul Pemanfaatan Minyak Jelantah sebagai Surfaktan untuk proses Peningkatan Perolehan Minyak dengan Konsentrasi Tinggi ini guna memanfaatkan minyak jelantah untuk dijadikan sebagai sabun. Minyak goreng yang secara terus menerus digunakan atau jelantah dapat menimbulkan efek buruk bagi lingkungan dan masyarakat. Dampak buruk bagi masyarakat karena menggunakan minyak jelantah akan membuat terganggunya kesehatan masyarakat dan bagi lingkungan akan mencemari lingkungan tanah dan air. Oleh karena itu, disini akan dilakukan penelitian dan memanfaatkan minyak jelantah untuk pembuatan surfaktan dalam jangkauan industri. Adapun proses dari pembuatan surfaktan berbahan dasar minyak jelantah dengan persen komposisi 33% dengan mencampurkan minyak jelantah dengan KOH dan aquades. Persen pencampuran antara minyak jelantah, KOH, dan aquades menggunakan perhitungan software soapcalc.net. Setelah bahan tercampur sempurna maka surfaktan dapat digunakan untuk penelitian. Surfaktan dengan komposisi 33% dibagi menjadi turunan konsentrasi tinggi untuk pembuatan larutan surfaktan yaitu konsentrasi 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 dan 1,5%. Penelitian dilakukan dengan menguji sifat fisik larutan dan batuan. Sifat fisik larutan yang diuji ialah viskositas, densitas, specific gravity dan tegangan antarmuka pada dua suhu yaitu 30 °C untuk suhu ruangan dan 70 °C untuk suhu reservoir. Tegangan antarmuka diuji untuk mendapatkan hasil CMC dimana saat mencapai kestabilan konsentrasi pada konsentrasi 1,1; 1,3 dan 1,5%. Konsentrasi tersebut akan digunakan untuk injeksi. Hasil injeksi surfaktan dan waterflooding yang bagus jika nilai *recovery factor* nya tinggi.

Kata Kunci :

Surfaktan, minyak jelantah, tegangan antarmuka, *recovery factor*, EOR

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam proses EOR (*Enhanced Oil Recovery*) atau perolehan minyak tahap lanjut merupakan suatu metode yang diaplikasikan untuk meningkatkan (*recovery*) produksi hidrokarbon dari reservoir minyak apabila metode *primary recovery* dan *secondary recovery* tidak efisiensi lagi untuk menguras minyak di reservoir. Atau cara memperoleh minyak dengan menginjeksikan suatu zat yang berasal dari energi luar reservoir, seperti energi mekanik, energi termik juga energi kimia. Beberapa hal yang paling utama dari semua metode EOR yaitu untuk meningkatkan efisiensi *volumetric sweep* (makroskopik) dan efisiensi pengurasan (mikroskopik) apabila dibandingkan dengan metode water flooding. Salah satu mekanisme dalam meningkatkan volumetric sweep yaitu dengan mengurangi *mobility ratio* antara fluida yang mendorong dan fluida yang di dorong. Selain itu, dengan menggunakan EOR dapat mengurangi jumlah minyak yang terjebak dikarenakan adanya tekanan kapiler dengan cara mengurangi *interfacial tension* antara fluida yang mendorong dan fluida yang didorong oleh suatu larutan seperti contoh surfaktan atau polimer. Larutan Surfaktan digunakan untuk menurunkan tegangan permukaan atau tegangan antarmuka (*interfacial tension*). Surfaktan yang banyak digunakan adalah bersifat anion surfaktan yang mempunyai daya adsorpsi yang rendah terhadap permukaan batuan sandstone, sementara Nonionik surfaktan digunakan sebagai surfaktan pendamping untuk memperbaiki sistem fasa (Darmapala 2019). Minyak jelantah berasal dari minyak nabati yang berasal dari tumbu-tumbuhan yang sudah di murnikan untuk dijadikan minyak sawit. Penggunaan minyak goreng sebanyak 49% dari total permintaan ialah konsumsi rumah tangga, restoran, dan industri (Susinggih, 2005). Minyak goreng bekas atau minyak jelantah oleh ibu rumah tangga, restoran, dan industri hanya di buang yang dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan. Minyak jelantah dapat menjadikan surfaktan karena dapat menghasilkan busa. Pada percobaan surfaktan, minyak goreng atau minyak jelantah ini dapat menurunkan tegangan antarmuka. (olke, lala 2006). Surfaktan minyak jelantah dibuat beberapa turunan konsentrasi tinggi yaitu 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 dan 1,5% dari campuran brine dengan salintas 15.000 ppm sebanyak 1000 ml, kemudian dilakukan perhitungan sifat fisik fluida seperti densitas, *specific gravity*, viskositas, dan uji tegangan antarmuka. Selanjutnya, dilakukan pengujian sampel batuan seperti porositas, kemudian dilanjutkan dengan saturasi brine, saturasi minyak. Setelah disaturasi dilakukan injeksi brine dan injeksi surfaktan minyak jelantah didapat *recovery factor* brine dan *recovery factor* surfaktan minyak jelantah. Dari hasil *recovery factor* brine dan surfaktan minyak jelantah didapat *recovery factor* total.

1.2. Perumusan Masalah

Tujuan dari pembuatan rumusan masalah adalah untuk mengetahui permasalahan apa saja yang akan dibahas, rumusan masalah tersebut diantaranya adalah:

1. Apakah minyak jelantah dapat digunakan sebagai bahan dasar surfaktan?
2. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi surfaktan dari minyak jelantah?
3. Apakah penggunaan surfaktan dari minyak jelantah akan mempengaruhi nilai *recovery factor*?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian yaitu untuk menyatakan target penelitian yang akan dicapai sehingga diperoleh penyelesaian terhadap permasalahan yang diajukan, tujuan tersebut antara lain adalah :

1. Mengetahui apakah minyak jelantah dapat dijadikan bahan dasar surfaktan
2. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi surfaktan berbahan dasar minyak jelantah
3. Mengetahui nilai RF setelah penggunaan surfaktan berbahan dasar minyak jelantah

1.4. Batasan Penelitian

Batasan-batasan yang harus diperhatikan pada percobaan laboratorium mengenai Injeksi Surfaktan adalah :

- Jenis Surfaktan : Surfaktan Minyak Jelantah
- Konsentrasi Surfaktan : 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; dan 1,5%.
- Salinitas: 15.000 ppm
- Temperatur : 30° dan 70° C
- Minyak: Light oil
- Contoh batuan: Sandstone

1.5. Kaitan Penelitian dengan Road Map Penelitian Pribadi dan Road Map Penelitian Fakultas

Kaitan penelitian dengan road map penelitian pribadi dan road map penelitian fakultas adalah *Green Engineering Technology* yang menuju ke *Green Urban Environment* dan menghasilkan **Material Maju**

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Enhanced Oil Recovery ialah metode perolehan minyak dengan tahap lanjut dengan cara menambahkan atau menginjeksikan material atau fluida khusus yang tidak terdapat di reservoir bertujuan untuk mempengaruhi kondisi reservoir awal baik dari sifat fisik batuan ataupun fluida reservoir. Metode EOR yang digunakan yaitu Chemical flooding menggunakan injeksi surfaktan. Agar dapat meningkatkan perolehan minyak dari reservoir dilakukan dengan cara menginjeksikan bahan kimia surfaktan ke dalam reservoir yang nantinya mampu merubah karakteristik dari batuan reservoir dan fluida reservoir.

II.1 Karakteristik Batuan Reservoir

Batuan reservoir adalah batuan yang porous dan permeable, tempat terakumulasinya fluida reservoir (gas, minyak dan air) yang memiliki kemampuan untuk menyimpan dan mengalirkan fluida. Sifat fisik batuan reservoir merupakan sifat penting batuan reservoir dan hubungannya dengan fluida reservoir yang mengisinya dalam kondisi statis dan dinamis (jika ada aliran). Sifat fisik batuan reservoir meliputi porositas, tekanan kapiler, saturasi fluida, permeabilitas, dan tegangan antarmuka.

II.1.1 Porositas

Porositas merupakan ukuran ruang-ruang kosong dalam suatu batuan. Secara definitif porositas merupakan perbandingan antara volume ruang yang terdapat dalam batuan yang berupa pori-pori terhadap volume batuan secara keseluruhan, biasanya dinyatakan dalam fraksi. Besar-kecilnya porositas suatu batuan akan menentukan kapasitas penyimpanan fluida reservoir. Secara matematis porositas dapat dinyatakan pada persamaan II.1 (Kesuma and Kamungin 2015) :

$$\phi = \frac{V_b - V_s}{V_b} = \frac{V_p}{V_b} \quad (\text{II. 1})$$

Dimana :

ϕ = Porositas, %

V_b = Volume batuan total (bulk volume), cc

V_s = Volume padatan batuan total (volume grain), cc

V_p = Volume ruang pori-pori batuan, cc.

Untuk selanjutnya porositas efektif digunakan dalam perhitungan karena pori yang dihitung adalah pori-pori yang saling berhubungan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi porositas antara lain : (Kesuma and Kamungin 2015):

- Ukiran butir atau grain size

Semakin kecil ukuran butir maka rongga yang terbentuk akan semakin kecil pula dan sebaliknya jika ukuran butir besar maka rongga yang terbentuk juga semakin besar.

- Bentuk butir atau sphericity

Batuan dengan bentuk menyerupai bentuk bola maka permeabilitas dan porositas akan lebih besar

- Susunan butir

Apabila ukuran butirnya sama maka susunan butir sama dengan bentuk kubus dan mempunyai porositas yang lebih besar dibandingkan dengan bentuk rhombohedral.

- Pemilahan

Apabila butiran baik maka ada keseragaman sehingga porositasnya akan baik pula. Pemilahan yang jelek menyebabkan butiran yang berukuran kecil akan menempati rongga diantara butiran yang lebih besar akibatnya porositasnya rendah.

- Komposisi mineral

Apabila penyusun batuan terdiri dari mineral-mineral yang mudah larut seperti golongan karbonat maka porositasnya akan baik karena rongga-rongga akibat proses pelarutan dari batuan tersebut.

- Sementasi

Material semen pada dasarnya akan mengurangi harga porositas.

- Kompaksi dan pemampatan

Adanya kompaksi dan pemampatan akan mengurangi harga porositas. Apabila batuan terkubur semakin dalam maka porositasnya akan semakin kecil yang diakibatkan karena adanya penambahan beban (A P Dimas n.d.). Klasifikasi porositas dapat dilihat pada tabel II.1

Tabel II. 1 Klasifikasi Porositas(Kesuma and Kamungin 2015)

Porositas	Kualitas
(0 - 5)	Porositas sangat buruk
(5 - 10)	porositas buruk
(10 - 15)	Porositas sedang
(15 - 20)	Porositas baik
(20 - 25)	Porositas sangat baik

II.1.2 Permeabilitas

Kemampuan batuan berpori untuk mengalirkan fluida. Apabila pori batuan tidak saling berhubungan maka batuan tersebut tidak memiliki permeabilitas. (Kesuma and Kamungin 2015).

secara matematis permeabilitas dapat dinyatakan pada persamaan II.2 :

$$Q = \frac{K \cdot A \cdot \Delta P}{\mu \cdot L} \quad (II.2)$$

Permeabilitas dibedakan menjadi tiga berdasarkan jumlah fasanya, yaitu: (Kesuma and Kamungin 2015)

- Permeabilitas Efektif (K_e)

Kemampuan batuan untuk mengalirkan lebih dari 1 fasa fluida pada media berporous. Contohnya; minyak (K_o), gas (K_g) dan air (K_w). Jenis fluida, wettabilitas dan geometri dari pori-pori mempengaruhi permeabilitas efektif.

- Permeabilitas Absolut (K)

Merupakan permeabilitas yang hanya dapat mengalirkan 1 fasa fluida pada pori-pori batuan. Contohnya; hanya minyak, gas, atau air saja

- Permeabilitas Relatif (K_r)

Permeabilitas relatif adalah perbandingan antara permeabilitas efektif dengan permeabilitas absolut.

$$K_{ro} = \frac{K_o}{K} \quad (II.3)$$

$$K_{rg} = \frac{K_g}{K} \quad (II.4)$$

$$K_{rw} = \frac{K_w}{K} \quad (II.5)$$

Klasifikasi permeabilitas dikatakan baik atau buruk didasarkan atas klasifikasi pada tabel II.2 :

Tabel II. 2 Klasifikasi Permeabilitas (Kesuma and Kamungin 2015)

Permeabilitas	Keterangan
> 100	Istimewa
100 - 1000	Sangat baik
10 - 100	Baik
5 - 10	Sedang
< 5	Ketat

II.1.3 Saturasi

Saturasi fluida didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori-pori batuan yang ditempati oleh fluida tertentu dengan volume pori-pori total pada suatu batuan berpori. Saturasi dapat dinyatakan dalam persamaan dibawah ini :

$$S_o = \frac{\text{volumepori-poriyangdiisiminyak}}{\text{volemepori-poritotal}} \quad (\text{II.6})$$

$$S_w = \frac{\text{volumepori-poriyangdiisiair}}{\text{volemepori-poritotal}} \quad (\text{II.7})$$

$$(S_g) = \frac{\text{volumepori-poriyangdiisigas}}{\text{volemepori-poritotal}} \quad (\text{II.8})$$

II.1.4 Tegangan Antarmuka

Tegangan antarmuka merupakan suatu bidang pemisah diantara kedua zat yang tidak saling bercampur. Pada tegangan antar-muka terjadi interaksi antar molekul tidak sejenis sehingga muncul gaya adhesi dan gaya kohesi. Gaya adhesi merupakan gaya yang timbul dari molekul-molekul yang tidak sejenis, sedangkan kohesi merupakan gaya yang timbul dari molekul-molekul yang sejenis. Dikarenakan adanya kedua gaya tersebut menyebabkan tarik-menarik sehingga molekul-molekul tersebut mengalami ketidakseimbangan. Ketidakseimbangan tersebut yang menimbulkan tegangan yang disebut juga dengan tegangan antar-muka atau interfacial tension (IFT). Alat yang digunakan untuk mengukur IFT ialah Tensiometer Du-Nuoy. Dari alat ini, didapat nilai CMC (Critical Micelle Concentration) dimana ketika surfaktan dalam larutan menyebabkan turunnya tegangan antarmuka larutan. Setelah mencapai konsentrasi tertentu, tegangan antarmuka akan konstan walau konsentrasi surfaktan ditingkatnya maka CMC akan tercapai (Kasmungin and Hartono 2018).

Untuk menambah luas permukaan suatu zat sebanding dengan pertambahan luasnya. Konstanta pembanding atau usaha persatuan luas disebut dengan koefisien tegangan permukaan, Persamaan Tegangan permukaan terdapat pada persamaan II.9:(Kesuma and Kamungin 2015)

$$\sigma = \frac{W}{dA} \quad (\text{II.9})$$

Faktor yang mempengaruhi besar tegangan antarmuka yaitu (Kesuma and Kamungin 2015) :

- Suhu

Jika suhu mengalami kenaikan dapat menyebabkan luas permukaan bertambah dikarenakan, bertambahnya jarak antara molekul dalam zat karena mengalami ekspansi oleh suhu tersebut sehingga

energi bebas permukaan tiap molekul akan berkurang sehingga menyebabkan tegangan permukaan dari sistem akan berkurang.

- Pengaruh Zat Lain

Penambahan zat terlarut akan meninggalkan viskositas larutan, sehingga tegangan permukaan semakin besar. Surfaktan adalah zat yang dapat mengaktifkan permukaan karena cenderung terkonsentrasi pada permukaan, penambahan surfaktan dapat menurunkan tegangan permukaan.

II.1.5 Tekanan Kapiler

Tekanan kapiler (P_c) ialah perbedaan tekanan dimana terjadi diantara permukaan dua fluida yang tidak saling bercampur (cairan-cairan atau cairan-gas) keduanya mengalami keadaan statis di dalam system kapiler. Perbedaan tekanan dari dua fluida ialah perbedaan tekanan antara fluida non-wetting phase (P_{nw}) dengan fluida wetting phase (P_w). Persamaan tekanan kapiler terdapat pada persamaan II.10 (Kesuma and Kamungin 2015)

$$P_c = P_{nw} - P_w \quad (\text{II.10})$$

Tekanan kapiler berpengaruh untuk mengontrol jalannya fluida di dalam batuan reservoir dan merupakan mekanisme pendorong minyak dan gas untuk mengalir melalui pori-pori reservoir. Tekanan kapiler di dalam batuan berpori tergantung pada ukuran pori-pori dan macam fluidanya, Persamaan tekanan kapiler terdapat pada persamaan II.11:(Kesuma and Kamungin 2015)

$$P_c = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos\theta}{r} = \Delta\rho \cdot g \cdot h \quad (\text{II.11})$$

II.2 Karakteristik Fluida Reservoir

Pada penentuan karakteristik fluida reservoir (gas atau minyak) dan air memiliki karakteristik yang berbeda untuk setiap reservoir, tergantung dari lingkungan pengendapannya sehingga mempunyai sifat yang berbeda satu dengan yang lain. Untuk mengetahui karakteristik reservoir yaitu:

II.2.1 Densitas

Pengukuran massa setiap pada satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis benda, maka semakin besar masa tiap volume. Densitas dipengaruhi oleh tekanan dan suhu. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Penentuan harga densitas dapat diukur dengan alat Density Meter. Densitas dilambangkan dengan symbol ρ dan Persamaan densitas terdapat pada persamaan II.12 : (Yulia, Kasmungin, and Fathaddin 2017)

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{II.12})$$

II.2.2 Viskositas

Keengganan fluida untuk mengalir atau biasa disebut kekentalan fluida. Alat yang digunakan mengukur viskositas ialah viscometer. Satuan dari Viskositas adalah centiPoise (cp) atau gr/100s-1/cm-2. Pada penentuan viskositas menggunakan alat viskometer Ostwald dan viscometer NDJ-8S. Viskositas minyak dipengaruhi :(Yulia et al. 2017)

- Temperatur

Semakin tinggi temperature mengakibatkan viscositas minyak semakin kecil.

- Tekanan

Pada tekanan atmosfer ke tekanan saturasi(Pb) viskositas minyak mengalami penurunan karena volume gas terlarut lebih besar bila dibandingkan dengan tekanan yang terjadi. Pada tekanan di atas tekanan saturasi(Pb) maka minyak mengalami tekanan yang mengakibatkan kenaikan viskositas minyak

- Komposisi

Semakin kompleks suatu senyawa maka viskositas minyak nya semakin besar karena minyak semakin berat.

II.2.3 Specific Gravity

Specific gravity merupakan perbandingan densitas zat terhadap densitas zat standart. Untuk gas yang digunakan adalah udara, sedangkan untuk liquid referensi yang digunakan adalah air. Specific gravity terdapat persamaan II.13 :(Yulia et al. 2017)

$$SG = \frac{\rho}{\rho_r} \quad (\text{II.13})$$

Untuk referensi gas yang digunakan adalah udara dan untuk liquid referensi yang digunakan air.

Untuk gas dapat dinyatakan dengan persamaan II.14:

$$SG = \frac{M_{wg}}{M_{wu}} \quad (\text{II.14})$$

$$API \text{ Gravity} = \frac{141.5}{SG} - 131.5 \quad (\text{II.15})$$

Nilai SG dapat diukur dengan alat Density Meter Anton Paar.

Klasifikasi nilai °API adalah sebagai berikut:

- Minyak ringan, ≥ 30 API
- Minyak sedang, berkisar 20 – 30 API
- Minyak berat, berkisar 10 – 20 API.

II.3 Enhanced Oil Recovery

Enhanced Oil Recovery ialah metode perolehan minyak dengan tahap lanjut dengan cara menambahkan atau menginjeksikan material atau fluida khusus yang tidak terdapat di reservoir bertujuan untuk mempengaruhi kondisi reservoir awal baik dari sifat fisik batuan ataupun fluida reservoir. EOR memiliki empat macam metode yaitu, miscible flooding, chemical flooding, thermal flooding dan microbial flooding. Pada chemical flooding terdapat 3 jenis macam injeksi yaitu, injeksi surfaktan, injeksi polimer dan injeksi alkalin (Terry, 2011). Pemilihan penggunaan injeksi yang cocok tergantung dari sifat batuan dan reservoir yang ada didalamnya. Minyak yang dapat diperoleh dari produksi tahap primer dan sekunder umumnya berkisar antara 35-50% dari OOIP, sehingga menyisakan target potensial EOR yang cukup besar sekitar 50-65%. Dikarenakan EOR adalah suatu metode yang berbiaya besar dan beresiko tinggi, sebelum menerapkan EOR harus melewati beberapa tahap seperti memilih jenis metode yang tepat sesuai dengan karakteristik reservoir dan metode screening criteria yang ada.

II.3.1 Chemical Injection

Pada injeksi kimia memiliki tiga macam jenis kimia, yaitu: surfaktan, polimer, alkalin dan juga kombinasi dari beberapa jenis tersebut. Dasar dari injeksi kimia adalah menginjeksikan surfaktan yang bertujuan mengurangi tegangan antar-muka antara minyak dan fluida pendorong (J.Sheng, 2011). Alkalin adalah satu dari jenis injeksi yang menggunakan reaksi antara jenis kimia seperti sodium karbonat (Na_2CO_3), sodium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH) sebagai sumber alkali yang umum untuk menghasilkan in-situ surfaktan yang dapat berfungsi sama dengan surfaktan pada umumnya.

Penambahan alkali akan mengurangi adsorpsi dari surfaktan (Sedaghat et al., 2013). Surfaktan adalah suatu metoda yang menggunakan satu atau beberapa larutan surfaktan agar dapat membuat minyak yang terperangkap dapat keluar dan mengalir dengan cara menurunkan IFT (interfacial tension). Kriteria SKKMigas untuk surfaktan flood pada tegangan antarmuka adalah kurang dari 1×10^{-3} dyne/cm, nilai adsorpsi kurang dari $400 \mu\text{g/g}$ rock, kestabilan lebih dari 3 Bulan, dan rasio filtrasi kurang dari 1,2. (Ricky et al. 2018). Polimer ialah sebagai kontrol penggerak (unswept oil) minyak di

reservoir untuk meningkatkan efisiensi. Karena ukuran pori bebatuan tidak homogen dan adanya minyak yang tidak tersapu (unswept oil), polimer cenderung untuk menurunkan permeabilitas air sehingga dapat mengurangi fingering atau channeling.

II.3.2 Screening Criteria Chemical Injection

Injeksi kimia merupakan jenis metode pengurasa minyak tahap lanjut (Enhanced Oil Recovery) dengan menambahkan zat-zat kimia kedalam air injeksi untuk menaikkan perolehan minyak mengakibatkan kenaikan efisiensi penyapuan atau menurunkan saturasi minyak sisa yang tertinggal di reservoir. Injeksi kimia memiliki kelayakan yang bagus pada reservoir-reservoir yang sukses dilakukan injeksi air pada kandungan minyak yang masih ekonomis. Tetapi pengembangannya masih lambat karena disebabkan oleh biaya dan resiko yang tinggi.

Pada Injeksi kimia terdapat tiga yaitu injeksi polimer, injeksi surfaktan, dan injeksi alkaline. Penggunaan Injeksi kimia mempunyai kelebihan yaitu menurunkan tegangan permukaan antara minyak dan air, meningkatkan viskositas fluida, meningkatkan water wettability, dan meningkatkan mobilitas minyak. Injeksi kimia ini sangat berpotensi untuk berhasil dengan baik jika diterapkan pada reservoir-reservoir yang telah sukses dilakukan injeksi air namun masih banyak minyak yang belum bisa diambil. Dengan kata lain injeksi polymer akan semakin mengefektifkan efek dari injeksi air yang telah dilakukan. Hal ini dikarenakan permukaan kontak antara zat kimia-minyak lebih baik jika dibandingkan permukaan kontak antara air-minyak dalam mekanisme pendesakan.

Ada tiga macam zat kimia yang biasa digunakan dalam injeksi kimia, yaitu: surfactant (zat aktif permukaan), alkalin (kaustik) dan polymer. Injeksi polimer kegunaannya memperbesar viskositas, penambahan polimer ke dalam air untuk memperbaiki sifat fluida pendesak yang diharapkan perolehan minyak akan lebih besar. Injeksi surfaktan kegunaan menurunkan tegangan antarmuka dan mendesak minyak dengan menggunakan pendorong air mengakibatkan kenaikan efisiensi pendesak pada pori.

Tegangan antarmuka yang baik ketika telah sampai nilai CMC (critical Micelle Concentration) dimana tegangan antarmuka akan konstan yang menunjukkan bahwa tegangan antarmuka menjadi jenuh dan terbentuk micelle ialah kumpulan unit yang terdiri molekul bahan aktif permukaan yang melarutkan minyak dengan cara mengangkat minyak ke permukaan dan mendispersikannya ke larutan. Injeksi alkaline ialah suatu proses dimana pH pada air injeksi terkontrol di harga 12–13 untuk memperbaiki perolehan minyak, sering dilakukan penambahan NaOH dan KOH. Injeksi micella polimer dapat meningkatkan efisiensi penyapuan dan efisiensi pendesak dan dapat meningkatkan mobilitas minyak di reservoir. Untuk injeksi kimia screening criteria untuk penerapannya pada tabel II.3 :(Ansyori 2018)

Tabel II.3 Screening Criteria Chemical Injection (Ansyori 2018)

Jenis Injeksi	polimer	Surfactant	Alkalin
Batuan reservoir	sandstone	Sandstone	sandstone, Kaolinite PH rendah
Temperatur (F)	<200 Polyacrylamide < 160 Xanthan gum	tidak spesifik	<200
Mobilitas oil-water (Mow)	5-40	tidak spesifik	tidak spesifik
porositas (%)	18-20	16-18	tidak spesifik
permeabilitas (mD)	tidak spesifik	<250	50-250
ketebalan lapisan (ft)	15-400	>10	tidak spesifik
Kedalaman (ft)	300-5000	>300	tidak spesifik
Saturasi Minyak (%)	>10	>20	tidak spesifik
Oil Gravity (API)	<36	>25	tidak spesifik
Viskositas Minyak (cp)	<200		<250
kekhususan	heterogenitas batuan sedang	salinitas air formasi <200.000 ppm	Kandungan CO2 maks 1% pH maks 6,5

II.3.3 Surfaktan

Surfaktan merupakan surface active agent, yaitu senyawa kimia aktif yang dapat menurunkan tegangan permukaan yang memiliki struktur bipolar. Terdapat dua bagian utama pada surfaktan, yaitu bagian kepala yang bersifat hidrofilik dan bagian ekor yang bersifat hidrofobik oleh karena itu surfakatan cenderung ada pada antarmuka antara fasa yang memiliki derajat polaritas dan ikatan hidrogen seperti minyak dan air (Sumantri, Yosaphat et al., 2015). Bagian pada kepala yaitu hidrofilik akan masuk kedalam larutan polar dan bagian yang lipofilik akan masuk ke larutan non polar sehingga surfaktan akan menggabungkan kedua senyawa yang seharusnya tidak dapat bergabung. Namun tergantung pada komposisi surfaktan yang digunakan, jika hidrofilik yang dominan surfaktan akan terlarut dalam air jika lipofilik yang dominan surfaktan akan terlarut dalam minyak sehingga surfaktan tidak dapat berfungsi dengan baik (Veronika, Cynthia. 2018).

Surfaktan pada injeksi kimia selain dapat menurunkan tegangan antar muka dan juga dapat berguna untuk meningkatkan kestabilan partikel yang terdispersi dan mengontrol jenis formasi emulsi contoh nya oil in water (O/W) atau water in oil (W/O). Pada saat menginjeksikan surfaktan ke dalam sumur tidak perlu menginjeksikannya secara terus-menerus. Surfaktan yang ada di market hanya bisa bekerja dengan salinitas sekitar 2.000 ppm, sementara salinitas dari formasi reservoir bisa mencapai 14.000-153.000 ppm. (Darmapala 2019).

Surfaktan umumnya dapat dibagi menjadi empat macam, berikut adalah klasifikasi surfaktan berdasarkan muatannya sudah digolongkan oleh Lake (1989), yaitu:

1. Surfaktan Anionik: yaitu surfaktan yang bagian hidrofilik terikat pada suatu anion. Umumnya terdapat pada pendesakan surfaktan karena surfaktan yang baik dan tahan lama, stabil dan murah.
2. Surfaktan Kationik: yaitu surfaktan pada bagian kepala yaitu hidrofilik membentuk ion positif dalam air. Surfaktan kationik: memiliki kelarutan yang lebih tinggi dalam kondisi asam dibandingkan dalam kondisi netral atau larutan alkali. Contohnya yaitu amine oxides, garam quaternary, dan diamine dan polyamines (Kasmungin and Hartono 2018)
3. Surfaktan Nonionik: yaitu surfaktan pada hidrofiliknya tidak memiliki muatan ion. Umumnya digunakan sebagai co-surfaktan, namun penurunan IFT nya tidak sebaik dengan surfaktan anionik.
4. Surfaktan Amfoter: yaitu surfaktan yang bagian hidrofiliknya mempunyai muatan ion positif dan negatif.

Sebelum menginjeksikan surfaktan pada suatu sumur, harus melewati tahapan-tahapan untuk menentukan surfaktan jenis apa yang cocok untuk diinjeksikan kedalam sumur yang ingin diproduksi, diantaranya adalah:

- Uji Compatibility, mengetahui kecocokan surfaktan terhadap air formasi, surfaktan dapat berhasil diinjeksikan jika larutan tetap jernih setelah surfaktan dilarutkan di air formasi.
- Uji Phase Behavior, untuk dapat mengetahui interaksi yang dihasilkan oleh surfaktan dapat membentuk mikroemulsi saat surfaktan dan minyak disatukan.
- Uji IFT, untuk dapat melihat nilai tegangan antarmuka surfaktan dengan minyak. (Research and Development Injection Center for Oil and Gas Technology, 2008; Hardianti et al., 2019)

Selain itu terdapat tahapan-tahapan, ada beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja dari Injeksi Surfaktan menurut Cynthia Vero, yaitu diantaranya adalah : (Ricky et al. 2018)

1. Adsorpsi

Tergantung dengan kemampuan dari konsentrasi surfaktan, jika konsentrasi surfaktannya tinggi maka daya penyerapan yang dilakukan pada batuan reservoir pun tinggi, jika konsentrasi

surfaktan rendah maka yang terjadi pun sebaliknya. Oleh karena itu dapat mengakibatkan terjadinya fraksinasi dan fungsi surfaktan sebagai surface active agent untuk mengurangi IFT pun berkurang. Jika suatu konsentrasi surfaktan mengalami penurunan secara bertahap maka akan menurunkan slug surfaktan pun menurun.

2. Konsentrasi Surfaktan

Injeksi surfaktan dengan konsentrasi yang cukup pekat akan mengakibatkan perolehan minyak yang cukup besar, penurunan tegangan antarmuka minyak dan air akan terus berlangsung karena batuan reservoir akan mencapai titik jenuh.(Ricky et al. 2018)

3. Kandungan lempung

Kandungan lempung pada batuan reservoir sangat diperhitungkan oleh sifat fisik clay yang suka air (lyophile) menyebabkan perolehan minyak sisa berkurang dan menurunkan recovery factor reservoir.(Ricky et al. 2018)

4. Salinitas Air Formasi

Salinitas air formasi berdampak pada penurunan tegangan permukaan minyak – air pada surfaktan. Pada konsentrasi garam, NaCl mengakibatkan penurunan tegangan permukaan minyak – air yang tidak efektif, diakibatkan ikatan kimia pembentuk NaCl merupakan ikatan ion yang mudah larut. Begitu halnya pada molekul surfaktan, selain mempengaruhi tegangan permukaan minyak – air, penggunaan NaCl mengakibatkan fraksinasi surfaktan menjadi besar, hingga batuan reservoir mencapai titik jenuh.

Pengaruh penurunan tegangan antar muka (IFT) dapat dinyatakan dalam bilangan kapiler (Capillary Number, N_c) yang didefinisikan pada persamaan II.16:

$$N_c = \frac{\text{gayakekentalan}}{\text{gayakapiler}} = \frac{V \cdot \mu \text{fasependesak}}{IFT} \quad (\text{II.16})$$

II.4 Minyak Jelantah

Pada dasarnya minyak jelantah berasal dari minyak sawit atau sisa hasil penggorengan. Masyarakat pada umumnya memakai kembali minyak goreng yang sudah di pakai atau disebut minyak jelantah. Banyak masyarakat dan industri membuat minyak goreng bekas atau minyak jelantah ke saluran air yang menuju ke sungai yang mengakibatkan kerusakan lingkungan. Di Indonesia, dengan luas perkebunan kelapa sawit sebesar 12,3 juta Ha dan menghasilkan produksi sebesar 35,36 juta Ton Crude Palm Oil (CPO) (Statistik Perkebunan Indonesia, 2017), sekitar 68% produk di ekspor masih dalam bentuk CPO. Dengan produksi CPO yang besar, peluang untuk pengembangan pembuatan surfaktan dari bahan baku kelapa sawit yang lebih ekonomis menjadi sangat terbuka dan tentu akan memberi nilai tambah jika dibandingkan di ekspor dalam bentuk CPO. Keekonomian dari surfaktan

yang disintesa dari Refined, Bleached, Deodorized (RBD) palm oil sangat berpotensi untuk digunakan dalam EOR di industri hulu minyak bumi (Darmapala 2019). Produksi minyak goreng yang besar memungkinkan pemanfaatan surfaktan maka dilakukan penelitian pemanfaatan minyak jelantah kelapa sawit dijadikan surfaktan.

Untuk mengembalikan kandungan yang seperti minyak goreng maka dilakukan pemurnian minyak jelantah. Upaya pengolahan minyak jelantah dapat dilakukan dengan adsorpsi. Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat kepada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Berbeda dengan absorpsi, dimana fluida terserap oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan. Dalam adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorben, dimana adsorbat adalah substansi yang terjerap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorben merupakan suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon. (Syauqiah, Amalia, and Kartini 2011)

Adsorben yang biasa digunakan adalah arang aktif (Indah and Hendrawani, 2017). Arang aktif biasanya dibuat dari bahan berbasis karbon, seperti batubara, lignin, bahan lignoselulosa, polimer sintesis, dan limbah karbon. Arang aktif adalah material yang berbentuk butiran atau bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon misalnya tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras, batubara dan sebagainya (Indah and Hendrawani, 2017). Karbon aktif adalah karbon yang dimurnikan, yaitu konfigurasi atom karbonnya dibebaskan dari ikatan dengan unsur lain. (Oko et al. 2020)

Minyak goreng bekas dapat diolah menjadi sabun mandi baik dalam bentuk padat maupun cair (Wijana dkk., 2010; Priani, 2010). Pemanfaatan sabun Sabun dihasilkan dari proses hidrolisis minyak atau lemak menjadi asam lemak bebas dan gliserol yang dilanjutkan dengan proses saponifikasi menggunakan basa (KOH atau NaOH). Yang nantinya dapat dijadikan percobaan surfaktan. (Prihanto and Irawan 2019)

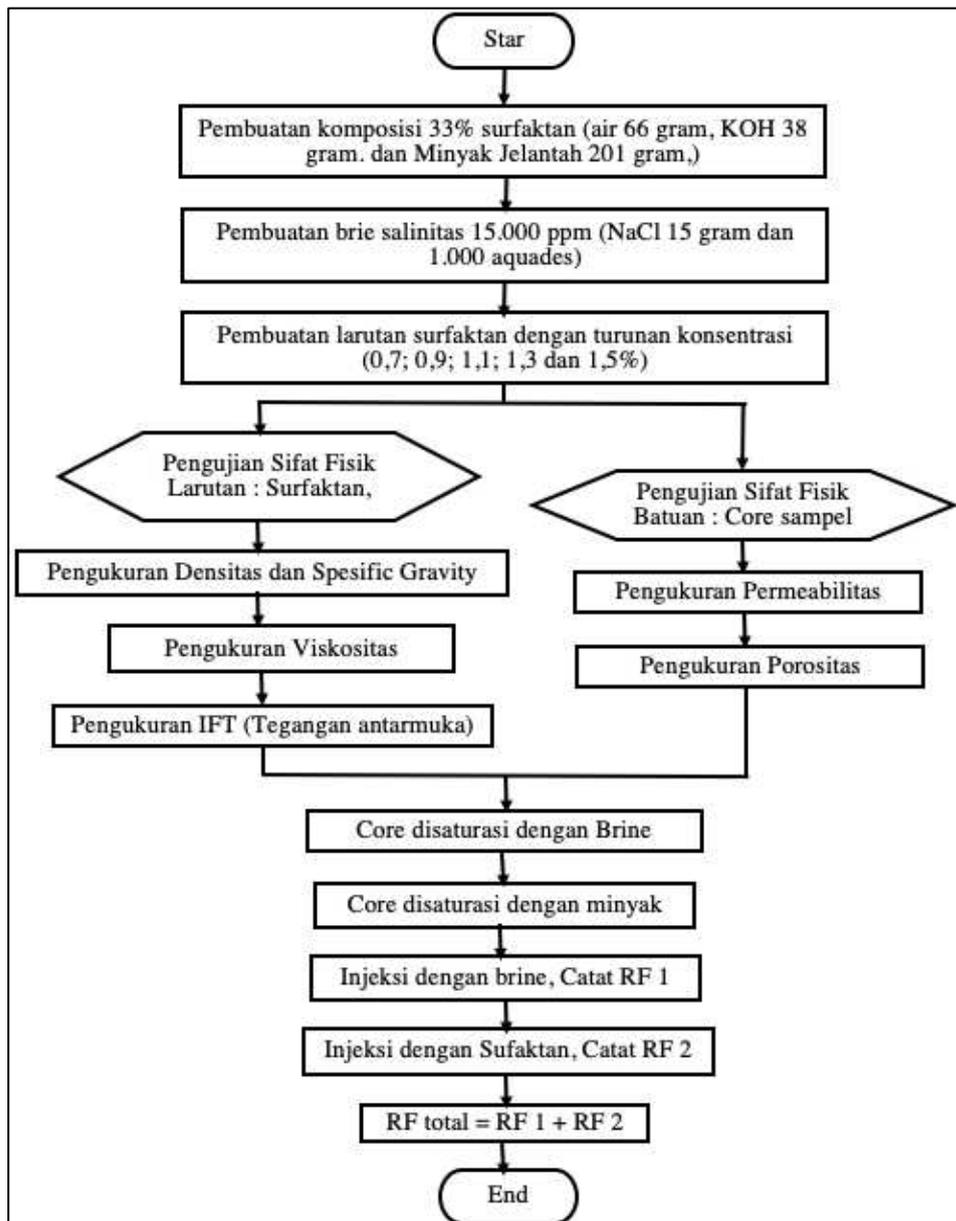
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian ini dalam jangka waktu 16 September 2021 sampai 01 Agustus 2022 dari pembuatan proposal, pengambilan sampel, pengujian, pembuatan hasil pengujian, pembuatan laporan dan luaran. Adapun lokasi penelitian adalah Laboratorium *Enhanced Oil Recovery* (EOR), Program Studi Teknik Perminyakan, FTKE, Universitas Trisakti dan lokasi pengambilan sampel limbah minyak jelantah diambil dari penjual pecel lele di sekitar Universitas Trisakti, Jakarta Barat.

3.2. Metode Penelitian

Penelitian pada percobaan mengenai Enhanced Oil Recovery pada Injeksi Surfaktan menggunakan minyak jelantah yang dilakukan di laboratorium menentukan nilai perolehan minyak dari setiap variasi konsentrasi surfaktan, sehingga dapat perbandingan nilai tiap konsentrasi surfaktan pada penelitian. Penelitian dilakukan dengan temperatur 30° C dan 70° C. Temperatur 30° C sebagai temperatur permukaan dan temperatur 70° C yaitu sebagai temperatur reservoir. Penelitian dimulai dengan pembuatan brine dan pembuatan surfaktan. pembuatan brine menggunakan 15.000 ppm (kadar garam 15 gram dan aquades 1000 ml) sedangkan surfaktan yang digunakan pada komposisi 33% disebut larutan A (dengan menggunakan bantuan aplikasi soapcalc.net) perhitungan pembuatan sabun untuk dijadikan surfaktan. Lalu penentuan nilai sifat fisik fluida pada brine, surfaktan, dan crude oil lapangan MI. Selain itu, pada penelitian ini sifat fisik batuan yang ditentukan antara lain nilai porositas dan permeabilitas. Surfaktan dari komposisi 33% atau larutan A lalu dibuat turunan larutan dengan beberapa konsentrasi ialah 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 dan 1,5% yang ditambahkan kedalam aquades sebanyak 1 liter. Kemudian dilakukan uji IFT. Setelah didapat nilai IFT (*Interfacial Tension*) lalu di plot untuk mendapatkan nilai CMC (*Critical Micelle Concentration*). CMC (*Critical Micelle Concentration*) yang terbaik ialah titik awal nilai Tegangan Antarmuka (IFT) mulai stabil atau konstan walau konsentrasi surfaktan ditingkatkan. Sebelum melakukan injeksi surfaktan terlebih dahulu dilakukan saturasi core sample menggunakan brine 15.000 ppm selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan saturasi minyak pada core tersebut sebanyak 40 ml. Proses injeksi surfaktan dilakukan setelah core disaturasi minyak. Tahapan injeksi pertama yaitu core di injeksi dengan brine lalu diamati fluida yang keluar dari core tersebut. Selanjutnya dilakukan injeksi dengan konsentrasi surfaktan (1,1%, 1,3%, dan 1,5%) dan diakhir penentuan didapat nilai recovery faktor. Diagram alir injeksi surfaktan pada persamaan gambar III.1



Gambar III. 1 Diagram alir penelitian surfaktan berbahan dasar minyak jelantah

3.3. Metode Analisis

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari analisis sifat fisik sampel batuan dan sifat fisik dari minyak jelantah yang akan digunakan sebagai bahan dasar surfaktan. Analisis dimulai dari:

1. Analisis data sampel batuan berdasarkan hasil uji sampel core di Laboratorium
2. Analisis awal tingkat absorbans atau transmittan dari limbah minyak jelantah berdasarkan hasil uji spektrofotometer sehingga sesuai dengan karakteristik yang cocok untuk pembuatan surfaktan
3. Analisis gugus fungsi limbah dari uji Fouier-TransformInfrared Spectrometer (FTIR)

Tahap selanjutnya adalah analisis terhadap pengaruh suhu di setiap konsentrasi surfaktan dari minyak jelantah pada proses EOR, sehingga didapat tingkat perolehan minyak yang optimal.

3.4. Indikator Capaian Penelitian

Indikator penelitian yang diharapkan tercapai adalah sebagai berikut:

- Dapat menguji viskositas surfaktan pada dua temperature yaitu 30 dan 70 °C dengan pengukuran diberbagai konsentrasi, semakin tinggi konsentrasi maka nilai viskositas semakin tinggi pada dua suhu berbeda dan semakin tinggi suhu dengan konsentrasi yang semakin kecil maka nilai viskositas semakin rendah.
- Dapat menguji densitas dan specific gravity (SG). Semakin tinggi konsentrasi surfaktan maka nilai densitas dan SG pada dua suhu berbeda akan semakin tinggi. Semakin tinggi konsentrasi dan semakin tinggi suhu maka nilai densitas dan SG akan semakin kecil.
- Dapat menguji tegangan antarmuka. Semakin besar zat terlarut yang ditambahkan, maka akan menurunkan nilai tegangan antarmuka. Karena mempunyai konsentrasi dipermukaan yang lebih besar daripada didalam larutan.
- Dapat menguji sifat fisik batuan seperti porositas dan permeabilitas guna melihat ke efisienan batuan saat dilakukannya injeksi surfaktan atau waterflooding untuk mendapatkan nilai RF yang sesuai.

Berdasarkan point-point di atas maka indikator capaian penelitian ini dari luaran yang dihasilkan yaitu tingkat pengaruh suhu terhadap konsentrasi limbah minyak jelantah sebagai bahan surfaktan. Secara optimum dan HKI -Hak Cipta dari poster rangkuman penelitian dan publikasipaper penelitian ke Jurnal Sinta 3 atau 4

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini, hasil dari penelitian yang telah dilakukan di laboratorium *Enhanced Oil Recovery* (EOR) di Universitas Trisakti Gedung C Lantai 2, dengan judul penelitian Pemanfaatan Minyak Jelantah Pecel lele untuk bahan Surfaktan dalam Peningkatan Perolehan Minyak Bumi dengan Konsentrasi Tinggi melalui Studi Laboratorium, dengan tujuan akhir percobaan adalah menentukan nilai *recovery factor* (RF) dari larutan surfaktan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah surfaktan ini bagus untuk digunakan sebagai injeksi *Enhanced Oil Recovery*. Tahapan awal sebelum melakukan percobaan, dilakukan penentuan nilai sifat fisik larutan yang digunakan dalam percobaan pada tabel IV.1

Tabel IV. 1 Data Awal Percobaan

Sample	Densitas, g/cm^3	Specific Gavity	°API
Crude Oil	0,7944	0,7978	44,01
Aquadest	0,9957	1,0001	9,18

Pada table IV.1 densitas crude oil lebih ringan dibandingkan dengan aquades, karena jika minyak dan air di campurkan, minyak akan berada di atas. Oleh sebab itu massa jenis minyak lebih ringan dibandingkan air dan bahwa partikel minyak lebih banyak bergerak dibanding partikel air sehingga memiliki ruang kosong yang lebih besar dibanding air. Akibatnya massa jenis air akan lebih besar dibanding minyak, dan sama halnya dengan *specific gravity*. °API pada crude oil menunjukkan jenis minyaknya. Untuk nilai °API lebih besar dari 30, maka minyak tersebut termasuk kedalam minyak mentah ringan (*light crude oil*).

IV.1 Pembuatan Larutan Surfaktan

Pembuatan larutan surfaktan sebagai bahan dasar penelitian yaitu menggunakan perhitungan software soapcalc.net dengan menggunakan komposisi persen air dari berat minyak sebesar 33%. Dalam perhitungan di soapcalc.net dapat dilihat pada table IV.2 dan untuk *screenshot* terdapat dalam lampiran A.

Tabel IV. 2 Komposisi Pembuatan Surfaktan

Bahan	Gram
Air	66,33
Lye-KOH	38,00
Minyak Jelantah	201,00

Pembuatan Surfaktan dilakukan selama 12 jam dengan pencampuran air (*aquadest*) 66,33 gram, minyak jelantah sebagai bahan dasarnya sebesar 201 gram, dan KOH sebagai senyawa logam yang bersifat sangat basa dan merupakan bahan kimia berbentuk bubuk atau serpihan yang berperan sebagai bahan alkali atau kalium yang digunakan dalam jumlah kecil yaitu 38 gram untuk memproses perubahan kandungan pH. Surfaktan dari komposisi 33% dibuat turunan larutan dengan beberapa konsentrasi yaitu 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 dan 1,5%. Perhatikan tabel IV.3 berikut:

Tabel IV. 3 Campuran Surfaktan dalam Brine

Konsentrasi Surfaktan (%)	Jumlah Surfaktan dalam brine (gr)
0,7	1,4
0,9	1,8
1,1	2,2
1,3	2,6
1,5	3,0

Untuk membuat larutan surfaktan 0,7% dicampurkan 1,4 gram surfaktan dalam 200 gram brine. Begitu juga untuk pembuatan surfaktan konsentrasi yang lainnya.

IV.2 Pembuatan Larutan Brine

Pembuatan larutan brine dengan mencampurkan NaCl dengan aquades. Untuk membuat larutan brine dengan salinitas 15.000 ppm digunakan aquades sebanyak 1.000 ml dan NaCl 15 gram. Berikut perhitungan larutan brine dengan salinitas 15.000 ppm, NaCl yang dicampurkan ke dalam 1.000 ml (1 liter) aquadest adalah sebanyak:

$$= \frac{15.000 \text{ mg}}{1.000 \text{ ml}} \times 1.000 \text{ ml}$$

$$= 15.000 \text{ mg}$$

$$= 15 \text{ gram}$$

IV.3 Uji Konsentrasi Surfaktan pada Sifat Fisik Fluida

Dalam penelitian, uji konsentrasi surfaktan pada sifat fisik fluida dilakukan dengan dua temperatur yaitu 30 dan 70 °C dimana 30 °C untuk melihat kestabilan larutan di suhu ruangan dan pada 70 °C untuk melihat kestabilan dalam suhu reservoir. Konsentrasi surfaktan yang akan di uji viskositas, densitas, *specific gravity*, dan IFT (*interfacial tension*) atau tegangan antarmuka yaitu 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; dan 1,5%.

IV.3.1 Uji Viskositas Konsentrasi Surfaktan

Pengujian viskositas dilakukan menggunakan alat *Viscosimeter NDJ-8S* dengan satuan centipoise. Konsentrasi larutan surfaktan yang digunakan untuk di uji yaitu 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; dan 1,5%. Pada tabel IV.4 terlampir nilai hasil uji viskositas di setiap konsentrasi larutan.

Tabel IV. 4 Hasil nilai viskositas disetiap larutan pada temperatur 30 dan 70° C

Konsentrasi, %	Viskositas, cp	
	Temperatur 30° C	Temperatur 70° C
0,7	1,75	1,5
0,9	2	1,7
1,1	2,5	2
1,3	3	2,5
1,5	4	3



Gambar IV. 1 Pengaruh Konsentrasi Surfaktan terhadap Viskositas pada suhu 30° C dan 70° C

Pada tabel IV.4 pengujian viskositas di lakukan pada dua temperatur yaitu 30° C dan 70° C. Apabila konsentrasi surfaktan semakin tinggi, maka nilai viskositas juga semakin tinggi. Semakin tinggi temperatur, maka semakin rendah nilai viskositasnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar IV.1

IV.3.2 Uji Densitas dan Specific Gravity Konsentrasi Surfaktan

Uji densitas pada konsentrasi surfaktan 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 dan 1,5% dilakukan menggunakan alat Density Meter DMA 4100 M dengan menggunakan dua suhu yang berbeda yaitu 30° C dan 70° C, Pada uji densitas nilai *specific gravity* akan keluar pada layar alat Density Meter DMA 4100 M bersamaan dengan keluarnya nilai densitas. Densitas didefinisikan sebagai massa per satuan volume.

Sedangkan *specific volume* adalah volume dibagi satuan massa. Untuk pengujian densitas dapat dilihat pada tabel IV. 5

Tabel IV. 5 Nilai Uji Densitas Konsentrasi Surfaktan Temperatur 30 dan 70° C

Konsentrasi, %	Densitas, g/cm^3	
	Temperatur 30° C	Temperatur 70° C
0,7	1,0049	0,9864
0,9	1,0051	0,9865
1,1	1,0052	0,9867
1,3	1,0053	0,9871
1,5	1,0054	0,9873

Nilai uji densitas pada konsentrasi berbeda didapat bahwa semakin tinggi konsentrasi maka nilai densitas nya semakin menurun. Semakin rendah konsentrasi di suhu yang berbeda maka semakin rendah pula nilai densitasnya. Lihat gambar IV. 2 berikut.



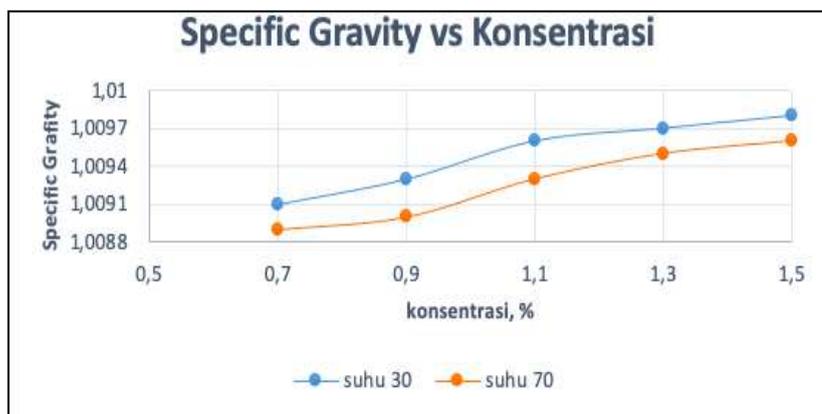
Gambar IV. 2 Konsentrasi terhadap Densitas pada Temperatur 30° C dan 70° C

Untuk nilai uji specific gravity dari beberapa konsentrasi surfaktan yang diuji dapat dilihat pada tabel IV. 6 dimana terlihat nilai dengan perubahan disetiap konsentrasi dengan suhu yang berbeda.

Tabel IV. 6 Nilai Uji Specific Gravity Konsentrasi Surfaktan Temperatur 30 dan 70° C

Konsentrasi, %	Specific Gravity	
	Temperatur 30° C	Temperatur 70° C
0,7	1,0091	1,0089
0,9	1,0093	1,009
1,1	1,0096	1,0093
1,3	1,0097	1,0095
1,5	1,0098	1,0096

Pada uji specific gravity terhadap konsentrasi surfaktan pada temperatur 30° C dan 70° C didapat bahwa semakin tinggi nilai konsentrasi maka semakin kecil nilai specific gravity yang diperoleh. Untuk pengaruh temperatur, semakin tinggi temperatur nilai specific gravity yang didapat semakin kecil. Dapat dilihat pada gambar IV. 3 berikut.



Gambar IV. 3 Konsentrasi Surfaktan terhadap Specific Gravity pada Temperatur 30° C dan 70° C

IV.3.3 Uji IFT (Tegangan Antarmuka) Konsentrasi Surfaktan

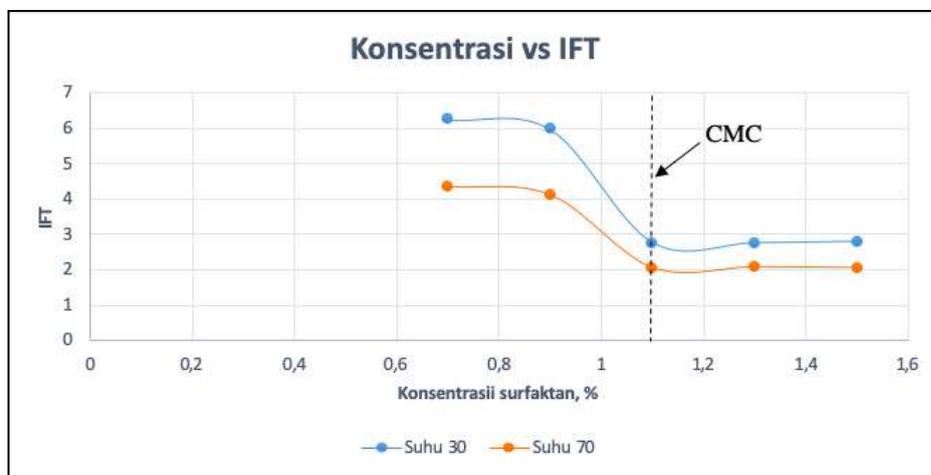
Pengujian IFT atau tegangan antarmuka dengan konsentrasi surfaktan 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 dan 1,5% dilakukan dengan menggunakan alat *Tensiometer Du Nuoy* pada temperatur 30 dan 70 °C. Nilai IFT yang didapat merupakan nilai rata-rata IFT dari 5 kali pengukuran setiap konsentrasi. Pada tabel IV. 7 berikut merupakan hasil dari nilai IFT atau Tegangan Antarmuka pada temperatur 30° C dan 70° C.

Tabel IV. 7 Nilai IFT terhadap Konsentrasi Surfaktan dengan Temperatur 30° C dan 70° C

Konsentrasi, %	Tegangan Antarmuka (IFT), dyne/cm	
	Temperatur 30° C	Temperatur 70° C
0,7	6,26	4,36
0,9	5,98	4,12
1,1	2,76	2,06
1,3	2,76	2,06
1,5	2,76	2,06

Hasil nilai Tegangan Antarmuka (IFT) dari tiap-tiap konsentrasi menunjukkan penurunan disetiap kenaikan konsentrasi surfaktan, nilai konsentrasi surfaktan pada suhu rendah IFT akan lebih tinggi dibandingkan dengan suhu tinggi IFT akan turun pada tiap-tiap konsentrasi. Nilai tegangan antarmuka akan mengalami penurunan setiap kenaikan konsentrasi, sampai mencapai pada titik konsentrasi 1,1% nilai IFT akan konstan terhadap konsentrasi surfaktan walaupun konsentrasi

surfaktan ditambah. Hal itu disebut CMC (*Critical Micelle Concentration*) dimana pada konsentrasi tertentu dengan nilai IFT dan pengaruh Temperatur, nilai akan mencapai stabil. Lihat gambar IV.4 didapat nilai CMC atau kestabilan nilai berada pada konsentrasi 1,1% dan setelah konsentrasi 1,1% nilai mulai mengikuti kestabilannya yaitu pada konsentrasi 1,3 dan 1,5%.



Gambar IV. 4 Hasil Nilai CMC pada IFT terhadap Konsentrasi Surfaktan dan Temperatur

IV.4 Uji Sifat Fisik Batuan

Pada pengujian core sample, dilakukan perhitungan porositas core sampel dan permeabilitas core sampel. Untuk mengetahui apakah core sampel dapat dilakukan percobaan. Berikut merupakan hasil sifat fisik batuan :

IV.4.1 Pengukuran Permeabilitas

Pengukuran permeabilitas batuan menggunakan alat permeameter. Pada pengujian ini didapat nilai permeabilitas 121,82 mD, 209,34 mD, dan 215,73 mD.

IV.4.2 Pengukuran Porositas

Pada pengukuran porositas batuan dengan menggunakan alat helium porosimeter. Pada penentuan bulk volume batuan didapat dari rumus volume tabung. Dan juga, pada percobaan pengukuran data porositas yang dilakukan dengan menimbang berat kering batuan sampel dan berat basah batuan sampel untuk penentuan porositas absolut. Dari hasil percobaan porositas core sampel dari 3 core didapat hasil porositas baik. Besar kecilnya porositas pada batuan dapat menentukan berapa kemampuan untuk menyimpan fluida. Berikut merupakan hasil porositas dan permeabilitas pada batuan pada persamaan tabel IV. 8

Tabel IV. 8 Hasil Uji Sifat Batuan

Nama Sample	D	L	W	GV	BV	PV	Por	Perm	Por*	W*
	mm	mm	gr	cc	cc	cc	%	mD	%	gr
1	24,8	45,4	47,6	17,8	19,99	2,16	19,97	121,82	19,45	47,64
2	25,7	43,5	48,1	18,1	20,50	2,44	20,80	209,34	23,14	47,86
3	25,7	47,3	52,4	19,7	22,47	2,75	21,33	215,73	22,27	22,72

IV.5 Uji Core Flooding

Pengujian menggunakan brine bersalinitas tinggi yaitu 15.000 ppm dengan pemilihan konsentrasi larutan surfaktan ini berdasarkan hasil uji tegangan antarmuka fluida atau didapat dari nilai CMC (Critical Micelle Concentration) yang berada di konsentrasi 1,1; 1,3 dan 1,5% pada temperatur 30 °C dan 70 °C karena nilai tegangan antarmuka stabil dan tidak mengalami penurunan tegangan antarmuka meskipun ditingkatkan konsentrasi surfaktan. Pengujian core flooding dilakukan beberapa tahap, tahap pertama yaitu sebelum dilakukan pengujian core flooding contoh batuan dihitung berat kering nya, lalu disaturasi dengan brine water menggunakan desikator minimal 1 hari dan didapat nilai berat basah batuan. Hasil selisih berat basah dan berat kering dibagi dengan densitas brine didapat hasil *pore volume* (Vp). Hasil data laboratorium pada saturasi dengan brine menentukan volume pori yang di isi oleh air, terlihat pada tabel IV.9 dan IV.10 berikut.

Tabel IV. 9 Hasil core sample saturasi brine temperatur 70 °C

No Sampel	Berat kering	Berat basah	Densitas brine	Vp
	gr	gr	gr/cc	cc
1	47,65	52,22	0,988	3,61
2	48,11	51,84	0,988	3,78
3	52,44	56,34	0,988	3,95

Tabel IV. 10 Hasil core sample saturasi brine temperature 30 °C

No Sampel	Berat kering	Berat basah	Densitas brine	Vp
	gr	gr	gr/cc	cc
1	47,64	50,77	1,0064	3,11
2	47,86	51,68	1,0064	3,80
3	52,14	56,25	1,0064	4,04

Batuan yang sudah di saturasi dengan brine water dimasukkan ke core holder dan di saturasi dengan minyak, catat brine yang terproduksi, brine yang terproduksi sama dengan minyak yang masuk pada core mempresentasikan minyak yang tersimpan di dalam batuan (Voil) atau jumlah air yang terproduksi dari saturasi minyak merupakan volume minyak di dalam core (OOIP). Pada proses saturasi minyak didapat OOIP. Setelah saturasi minyak, dilakukan anging untuk memastikan core tetap pada suhu reservoir dan untuk suhu ruangan dilakukan aging diluar oven untuk menyesuaikan temperatur nya. Proses aging selesai lalu dilakukan waterflooding menggunakan core holder pada setaip core dengan brine salinitas tinggi 15.000 Ppm temperatur 30 dan 70 °C. Proses waterflooding, oil yang keluar dicatat sebagai RF1, proses injeksi kurang lebih selama 2 jam. Setelah dilakukan waterflooding selanjunya dilakukan injeksi surfaktan dengan konsentrasi saat nilai CMC stabil dengan temperatur 30 dan 70 °C, oil yang keluar saat injeksi surfaktan berlangsung dicatat sebagai RF2. Untuk lebih jelasnya mengenai saturasi dapat dilihat pada tabel IV.11 dan hasil RF dapat dilihat pada tabel IV.12 dan IV.13.

Tabel IV. 11 Hasil core sample saturasi minyak pada temperatur 30 dan 70 °C

Konsentrasi	Temperatur	Voil	OOIP	Swirr
%	°C	cc	cc	cc
1,1	30	3,1	3,1	0,71
1,3	30	2,7	2,7	1,09
1,5	30	2,4	2,4	0,98
1,1	70	3,5	3,5	0,57
1,3	70	3	3	0,73
1,5	70	3	3	0,40

IV.6 Hasil Injeksi Surfaktan

Injeksi surfaktan minyak jelantah pada temperatur 30 °C digunakan karena temperatur pada permukaan atau ruangan, dilakukan injeksi sebanyak 3 konsentrasi yaitu 1,1; 1,3 dan 1,5% dengan salinitas 15.000 ppm. Dari hasil injeksi surfaktan sebanyak 40 ml, di 10 ml minyak sudah tidak keluar. Didapat nilai *recovery factor* total tiap konsentrasi dengan temperatur pada 30° C dilihat dalam tabel IV.12 berikut.

Tabel IV. 12 Hasil *recovery factor* pada temperatur 30 °C

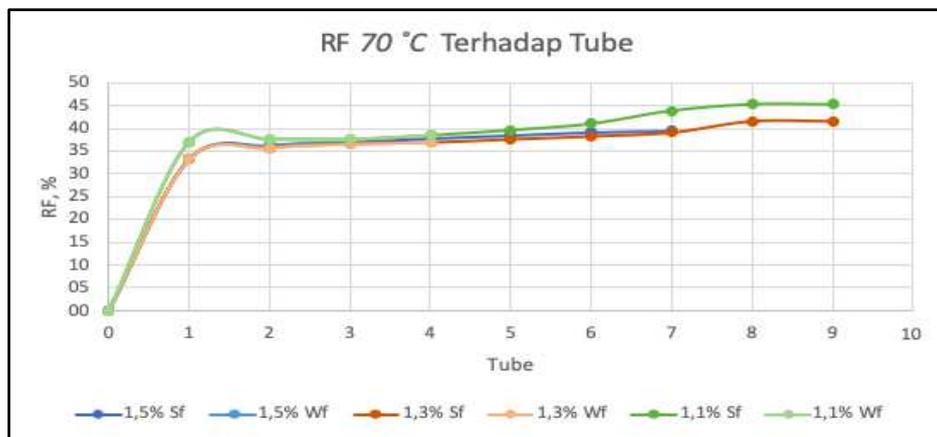
Konsentrasi, %	RF Brine, %	RF surfaktan, %	RF total, %
1,1	35	5	40
1,3	21	4	25
1,5	33	5	38

Selanjutnya, injeksi surfaktan minyak jelantah pada temperature 70 °C digunakan karena temperatur pada reservoir. Dilakukan injeksi sebanyak 3 konsentrasi yaitu 1,1; 1,3 dan 1,5% dengan salinitas 15.000 ppm. Dari hasil injeksi surfaktan sebanyak 40 ml, di 10 ml minyak sudah tidak keluar. Didapat nilai *recovery factor* total pada tabel IV.13 berikut.

Tabel IV. 13 Hasil *recovery factor* pada temperatur 70 °C

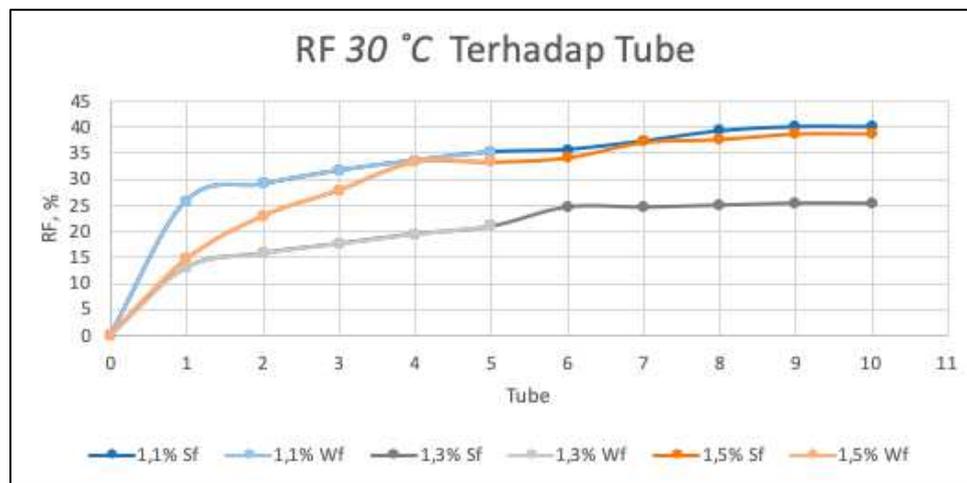
Konsentrasi, %	RF Brine, %	RF surfaktan, %	RF total, %
1,1	39	7	45
1,3	37	5	42
1,5	37	3	40

Hasil dari *recovery factor* brine dan surfaktan pada temperatur 30 °C dan 70 °C dapat dilihat pada gambar grafik IV.5 dan IV.6.



Gambar IV. 5 Grafik hasil *recovery factor* pada suhu 70 °C

Hasil dari grafik di atas dengan konsentrasi 1,1% dan salinitas 15.000 Ppm dapat dilihat bahwa pada saat waterfooding garis hijau muda didapat nilai RF sebesar 39% dan saat injeksi surfaktan dilakukan, terlihat garis hijau tua dimana terjadi kenaikan RF dari surfaktan sebesar 7%. Maka jika dilihat hasil dari RF total nya adalah 45% untuk konsentrasi 1,1%. Untuk konsentrasi 1,3% dan salinitas 15.000 Ppm dapat dilihat bahwa pada saat waterfooding garis orange muda didapat nilai RF sebesar 37% dan saat injeksi surfaktan, terlihat garis merah dimana terjadi kenaikan RF surfaktan sebesar 5%. Maka jika dilihat hasil dari RF total nya adalah 42%. Dan untuk konsentrasi 1,5% dengan salinitas 15.000 Ppm dapat dilihat bahwa pada saat waterfooding garis biru muda didapat nilai RF sebesar 37% dan saat injeksi surfaktan dilakukan, terlihat garis merah dimana terjadi kenaikan RF dari surfaktan sebesar 3%. Maka jika dilihat hasil dari RF total nya adalah 40%. Dari grafik terlihat kenaikan surfaktan pada salinitas tinggi 15.000 Ppm dengan konsentrasi berbeda terlihat bahwa RF total yang terbaik terdapat di konsentrasi 1,1% pada suhu 70 °C. Untuk hasil RF pada suhu 30 °C dalam gambar grafik, dapat dilihat pada gambar IV.6



Gambar IV. 6 Grafik hasil recovery factor pada suhu 30 °C

Hasil dari grafik di atas dengan konsentrasi 1,1% dan salinitas 15.000 Ppm dapat dilihat bahwa pada saat waterfooding garis biru muda didapat nilai RF sebesar 35% dan saat injeksi surfaktan dilakukan, terlihat garis biru tua dimana terjadi kenaikan RF dari surfaktan sebesar 5%. Maka jika dilihat hasil dari RF total nya adalah 40% untuk konsentrasi 1,1%. Untuk konsentrasi 1,3% dan salinitas 15.000 Ppm dapat dilihat bahwa pada saat waterfooding garis abu muda didapat nilai RF sebesar 21% dan saat injeksi surfaktan, terlihat garis abu tua dimana terjadi kenaikan RF surfaktan sebesar 4%. Maka jika dilihat hasil dari RF total nya adalah 25%. Dan untuk konsentrasi 1,5% dengan salinitas 15.000 Ppm dapat dilihat bahwa pada saat waterfooding garis orange muda didapat nilai RF sebesar 33% dan saat injeksi surfaktan dilakukan, terlihat garis orange tua dimana terjadi kenaikan RF

dari surfaktan sebesar 5%. Maka jika dilihat hasil dari RF total nya adalah 38%. Dari grafik terlihat kenaikan surfaktan pada salinitas tinggi 15.000 Ppm dengan konsentrasi berbeda terlihat bahwa RF total yang terbaik terdapat di konsentrasi 1,1% pada suhu 30 °C. Untuk nilai RF total dari seluruh konsentrasi surfaktan dengan suhu yang berbeda dan salinitas yang sama maka terlihat bahwa hasil terbaik ada pada titik CMC dimana pada konsentrasi 1,1%.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan data dan percobaan yang telah dilakukan di laboratorium EOR (Enhanced Oil Recovery) Gedung C lantai 2, Universitas Trisakti, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Minyak jelantah dapat dijadikan sebagai bahan dasar surfaktan dengan menggunakan bantuan aplikasi soapcalc.net. Soapcalc.net yaitu aplikasi standar yang biasa digunakan untuk membuat sabun. Jika ingin membuat surfaktan 33 % air dalam minyak , air yang digunakan sebanyak 66,33 gram, KOH sebanyak 38 gram, dan minyak jelantah sebanyak 201 gram.
2. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi surfaktan berbahan dasar minyak jelantah dalam perolehan recovery factor saat uji laboratorium yaitu: Adsorpsi surfaktan, konsentrasi surfaktan (konsentrasi yang digunakan pada titik CMC dan setelah titik CMC yang tidak berubah yaitu 1,1; 1,3 dan 1,5%), salinitas air formasi (pada salinitas 15.000 Ppm) dan suhu (suhu yang digunakan yaitu 30 dan 70°C dimana suhu terbaik ada pada suhu 70°C).
3. Hasil konsentrasi surfaktan 1,1; 1,3 dan 1,5% dengan salinitas 15.000 ppm, injeksi surfaktan terbaik pada suhu 30 °C terdapat pada konsentrasi 1,1% dengan total RF sebesar 40% dimana RF waterflooding sebesar 35% dan kenaikan RF surfaktan sebesar 5%. Dan untuk suhu 70°C terjadi pada konsentrasi 1,1% dengan RF waterflooding 38% dan surfaktan dengan kenaikan 7%, total RF pada konsentrasi 1,1% adalah 45%.

DAFTAR PUSTAKA

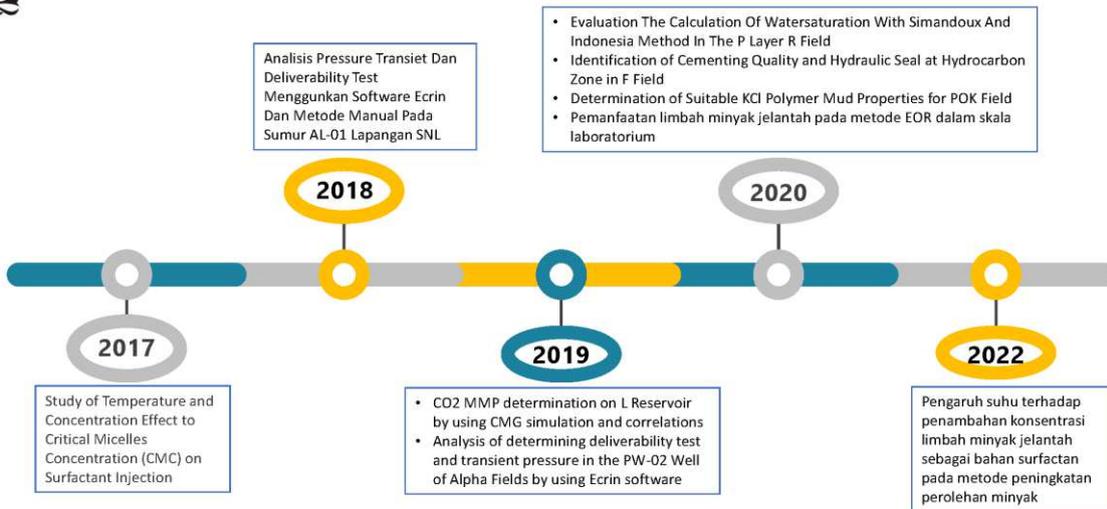
- Abdurrahman, M., & Permadi, A. K. (2016). Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi. *Teknologi Minyak Dan Gas Bumi*, 12(3)
- Ansyori, Muhammad Ridwan. 2018. Mengenal Enhanced Oil Recovery (EOR) Sebagai Solusi Meningkatkan Produksi Minyak. Swara Patra Majalah Ilmiah PPSDM Migas. Vol. 8 No. 2 (2018)
- B. P. Putra, and B. F. T. Kiono, "Mengenal Enhanced Oil Recovery (EOR) Sebagai Solusi Meningkatkan Produksi Minyak Indonesia," Jurnal Energi Baru dan Terbarukan, vol. 2, no. 2, pp. 84-100, Jul. 2021.
- Damanik, M., Kasmungin, S., & Sudibjo, R. (2018). Study Peningkatan Oil Recovery Pada Injeksi Surfaktan-Polimer Pada Batuan Karbonat. *Penelitian Dan Karya Ilmiah*, 3(1), 27. <https://doi.org/10.25105/pdk.v3i1,2480>
- Kasmungin, S., & Hartono, K. F. (2018). Konsentrasi Rendah. VI (2), 66–70.
- Kesuma, W. P., & Kamungin, S. (2015). Studi Laboratorium Pengaruh Konsentrasi Surfaktan terhadap Peningkatan Perolehan Minyak. Seminar Nasional Cendikawan, ISBN: 2460, 569–575.
- Lala, O., Badilo, I. A., Gintu, A. R., & Hastuti, D. K. A. K. (2012). Surfaktan yang Biodegradabledari Minyak Goreng Bekas. Seminar Nasional Sains Dan Pendidikan Sains VII UKSW, 2006–2008. Retrieved from http://repository.uksw.edu/bitstream/123456789/3073/2/PROS_Olkelala%2C Agung RG%2C Istari B%2C Dewi KH_ Surfaktan yang Biodegradable_Full text.pdf
- Makky, H., & Kasmungin, S. (2019). Peningkatan Perolehan Minyak Dengan Optimalisasi Proyek Cyclic Steam Stimulation Menggunakan Metode Simulasi Reservoir Di Lapangan-X, Sentral Sumatera. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Hardianti., Kasmungin, Sugiatmo. Pramadika, Havidh., Suryati, Eti. Suhadi, Tommy Rinanto., dan Yulianti, Yunita. (2019) : Pengaruh Salinitas Optimum Terhadap Surfaktan pada Lapangan X, Seminar Nasional Pakar ke 2.
- Mulia, Prayang Sunny. Kasmungin, Sugiatmo., dan Fathaddin, M Taufiq. (2017): Kajian Laboratorium Mengenai Pengaruh Salinitas, Jenis Surfaktan dan Konsentrasi Surfaktan Terhadap Recovery Factor Dalam Sistem Injeksi Surfaktan Untuk Batuan Karbonat, Seminar Nasional Cendekiawan ke 3.

- Woe, Kevin. (2019): “Studi Karakteristik Larutan Surfaktan Minyak Sawit dan Surfaktan-Polimer pada Lapangan Sumatera Selatan”. Jakarta: Universitas Trisakti.
- Veronika, Cynthia. (2018): “Kajian Laboratorium Pengaruh Salinitas Permeabilitas dan Konsentrasi Surfaktan Terhadap Recovery Factor pada Proses Injeksi Surfaktan”. Jakarta: Universitas Trisakti

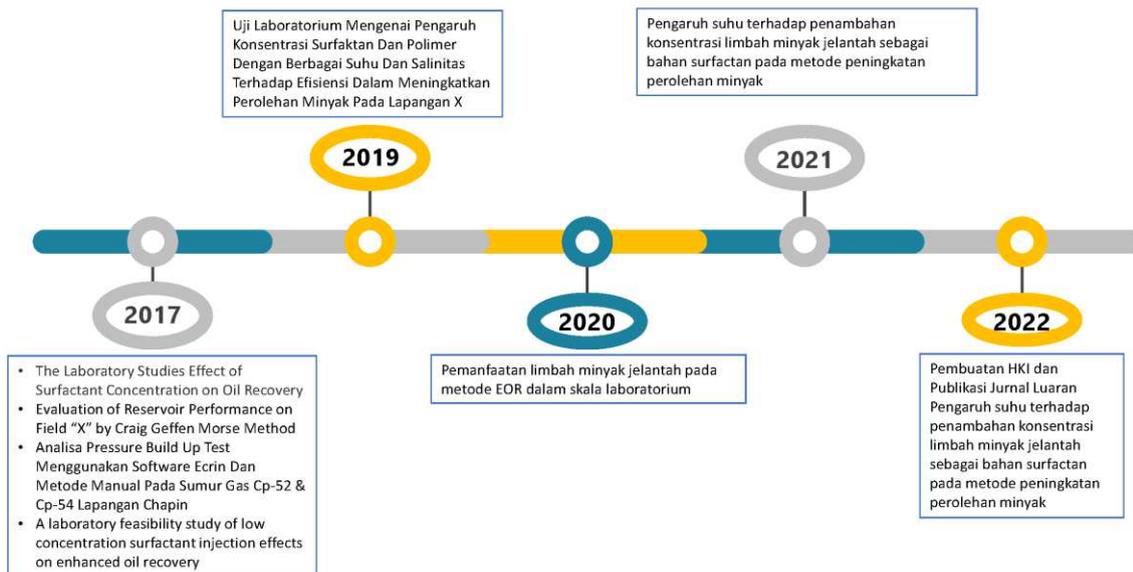
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN



PETA JALAN PENELITIAN (Puri Wijayanti, ST, MT)



PETA JALAN PENELITIAN (Ir. Pauhesti, MT)

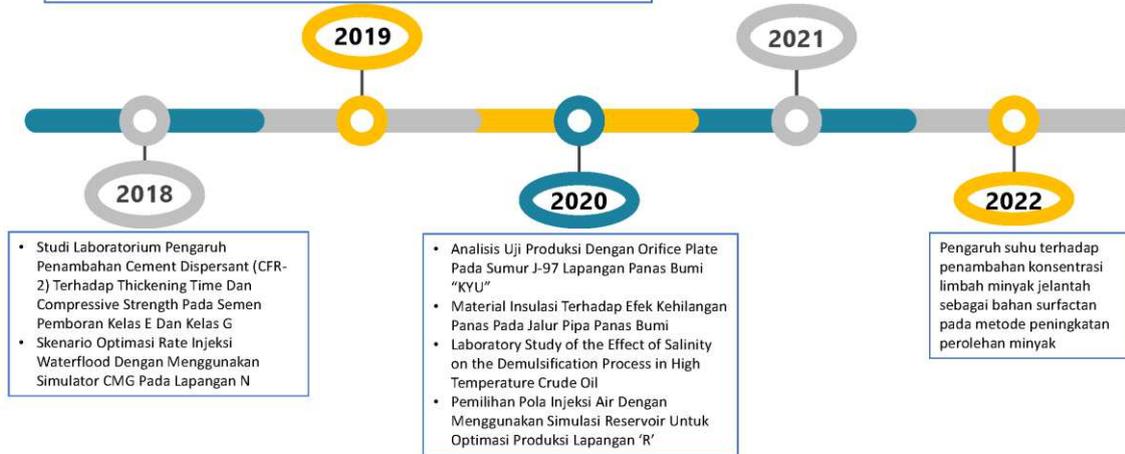




PETA JALAN PENELITIAN (Samsol, ST, MT)

- Kajian Rentang Batas Kewajaran Utilisasi Produksi Kilang Minyak Indonesia
- Studi Laboratorium Pemilihan Additif Penstabil Shale Di Dalam Sistem Lumpur Kcl-polymer Pada Temperatur Tinggi
- Optimasi Produksi Sumur Ec-6 dengan Membandingkan Pengangkatan Buatan Gas Lift dan Electric Submersible Pump
- Pengaruh Scale terhadap Produktivitas pada Sumur Bn-52, Bn-104, dan Bn-110 di Lapangan "X"
- Application of pressure build up analysis for reservoir oil
- The effect of addition of polymer on viscosity as fluid of industrial oil and gas injection in EOR method
- Comparison of methods for calculating gas reserves in providing certainty of reserves in the oil and gas industry
- Forecast gas well production performance with well test analysis for oil and gas industry
- The effect of drilling mud on hole cleaning in oil and gas industry

Effect of Heterogeneity of Reservoir Properties on Sandstone Formations in Oil Recovery



PETA JALAN PENELITIAN (Widia Yanti, SSI, MT)

- Penentuan Parameter Reservoir Geothermal Pada Sumu C Lapangan K Menggunakan PTS Survey Dan GPT
- Pengaruh Penambahan Garam NaCl pada Lumpur Pemboran Berbagai Temperatur

- Analisis Uji Produksi Dengan Orifice Plate Pada Sumur J-97 Lapangan Panas Bumi "KYU"
- Analisis Kondisi Reservoir Panas Bumi Dengan Menggunakan Data Geokimia Dan Monitoring Produksi Sumur ELS-02 Lapangan Elsa
- Studi Simulasi Reservoir Untuk Menentukan Pola Injeksi Sumur Yang Sesuai Pada Lapangan X



LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN

LUARAN 1 :

Kategori Luaran : Publikasi di Conference Series Bereputasi

Status : Submitted

Tingkat Forum Ilmiah : Internasional

Nama Conference : International Conference on Social Science and Humanities (ICSSH-22)

Lembaga Penyelenggara : Institute for Technical and Academic Research

Tempat Penyelenggaraan : Jakarta

Tanggal Penyelenggaraan : 08/07/2022 - 08/07/2022

Lembaga Pengindek : DOI Reseach

Url Website Conference : <https://itar.in/conf/submit.php?id=1582683>

Judul Artikel : Analysis of Temperature and Addition Effect of High Concentration Waste Oil Surfactants on The Increase Of Oil Recovery Factors

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Puri Wijayanti, ST, MT (First Author)
2. Ir. Pauhesti, MT (Other Author)
3. samsol., ST., MT (Other Author)
4. Widia Yanti, SSi, MT (Other Author)
5. Tia Agusta (Other Author)
6. Rizka Nada Setyani (Other Author)

LUARAN 2 :

Kategori Luaran : Hak Kekayaan Intelektual

Status : Tercatat/Tersedia

Jenis HKI : Hak Cipta

Nama HKI : Studi Awal Peningkatan Perolehan Minyak menggunakan Surfaktan dari Limbah Minyak Jelantah dengan Varian Konsentrasi dan Suhu Skala Laboratorium

No. Pendaftaran : EC00202228121

Tanggal Pendaftaran : 2022-04-27

No. Pencatatan : 000343625

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Puri Wijayanti, ST, MT
2. Ir. Pauhesti, MT
3. samsol., ST., MT
4. Widia Yanti, SSi, MT
5. Tia Agusta
6. Rizka Nada Setyani

LUARAN 3 :

Kategori Luaran : Publikasi di Jurnal

Status : Submitted

Jenis Publikasi Jurnal : Nasional Terakreditasi

Nama Jurnal : Journal of Earth Energy Science, Engineering, and Technology (JEESET)

ISSN : 2615-3653

EISSN : 2614-0268

Lembaga Pengindek : Sinta 4

Url Jurnal : <https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/index.php/jeeset/index>

**Judul Artikel : ANALISIS PENINGKATAN FAKTOR PEROLEHAN MINYAK DENGAN
PENAMBAHAN SURFAKTAN MINYAK JELANTAH BERKONSENTRASI TINGGI**

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Puri Wijayanti, ST, MT (First Author)
2. Ir. Pauhesti, MT (Other Author)
3. samsol., ST., MT (Other Author)
4. Widia Yanti, SSi, MT (Other Author)
5. Tia Agusta (Other Author)
6. Rizka Nada Setyani (Other Author)

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Identitas Penelitian	iii
DAFTAR ISI.....	1
DAFTAR TABEL.....	2
DAFTAR GAMBAR	3
RINGKASAN PENELITIAN.....	4
BAB 1. PENDAHULUAN	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	19
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	34
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN	37
LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel IV. 1 Data Awal Percobaan	23
Tabel IV. 2 Komposisi Pembuatan Surfaktan	23
Tabel IV. 3 Campuran Surfaktan dalam Brine	24
Tabel IV. 4 Hasil nilai viskositas disetiap larutan pada temperatur 30° dan 70° C	11
Tabel IV. 5 Nilai Uji Densitas Konsentrasi Surfaktan Temperatur 30° dan 70° C	12
Tabel IV. 6 Nilai Uji Specific Gravity Konsentrasi Surfaktan Temperatur 30° dan 70° C	12
Tabel IV. 7 Nilai IFT terhadap Konsentrasi Surfaktan dengan Temperatur 30° C dan 70° C	13
Tabel IV. 8 Hasil Uji Sifat Batuan	15

DAFTAR GAMBAR

Gambar III. 1 Diagram alir penelitian surfaktan berbahan dasar minyak jelantah	45
Gambar IV. 1 Pengaruh Konsentrasi Surfaktan terhadap Viskositas pada suhu 30° dan 70° C	50
Gambar IV. 2 Konsentrasi terhadap Densitas pada Temperatur 30° dan 70°	51
Gambar IV. 3 Konsentrasi Surfaktan terhadap Specific Gravity pada Temperatur 30° dan 70° C ...	52
Gambar IV. 4 Hasil Nilai CMC pada IFT terhadap Konsentrasi Surfaktan dan Temperatur 30° dan 70° C	53

RINGKASAN PENELITIAN

Penelitian dengan judul Pemanfaatan Minyak Jelantah sebagai Surfaktan untuk proses Peningkatan Perolehan Minyak dengan Konsentrasi Tinggi ini guna memanfaatkan minyak jelantah untuk dijadikan sebagai sabun. Minyak goreng yang secara terus menerus digunakan atau jelantah dapat menimbulkan efek buruk bagi lingkungan dan masyarakat. Dampak buruk bagi masyarakat karena menggunakan minyak jelantah akan membuat terganggunya kesehatan masyarakat dan bagi lingkungan akan mencemari lingkungan tanah dan air. Oleh karena itu, disini akan dilakukan penelitian dan memanfaatkan minyak jelantah untuk pembuatan surfaktan dalam jangkauan industri. Adapun proses dari pembuatan surfaktan berbahan dasar minyak jelantah dengan persen komposisi 33% dengan mencampurkan minyak jelantah dengan KOH dan aquades. Persen pencampuran antara minyak jelantah, KOH, dan aquades menggunakan perhitungan software soapcalc.net. Setelah bahan tercampur sempurna maka surfaktan dapat digunakan untuk penelitian. Surfaktan dengan komposisi 33% dibagi menjadi turunan konsentrasi tinggi untuk pembuatan larutan surfaktan yaitu konsentrasi 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 dan 1,5%. Penelitian dilakukan dengan menguji sifat fisik larutan dan batuan. Sifat fisik larutan yang diuji ialah viskositas, densitas, specific gravity dan tegangan antarmuka pada dua suhu yaitu 30 °C untuk suhu ruangan dan 70 °C untuk suhu reservoir. Tegangan antarmuka diuji untuk mendapatkan hasil CMC dimana saat mencapai kestabilan konsentrasi pada konsentrasi 1,1; 1,3 dan 1,5%. Konsentrasi tersebut akan digunakan untuk injeksi. Hasil injeksi surfaktan dan waterflooding yang bagus jika nilai *recovery factor* nya tinggi.

Kata Kunci :

Surfaktan, minyak jelantah, tegangan antarmuka, *recovery factor*, EOR

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam proses EOR (*Enhanced Oil Recovery*) atau perolehan minyak tahap lanjut merupakan suatu metode yang diaplikasikan untuk meningkatkan (*recovery*) produksi hidrokarbon dari reservoir minyak apabila metode *primary recovery* dan *secondary recovery* tidak efisiensi lagi untuk menguras minyak di reservoir. Atau cara memperoleh minyak dengan menginjeksikan suatu zat yang berasal dari energi luar reservoir, seperti energi mekanik, energi termik juga energi kimia. Beberapa hal yang paling utama dari semua metode EOR yaitu untuk meningkatkan efisiensi *volumetric sweep* (makroskopik) dan efisiensi pengurasan (mikroskopik) apabila dibandingkan dengan metode water flooding. Salah satu mekanisme dalam meningkatkan volumetric sweep yaitu dengan mengurangi *mobility ratio* antara fluida yang mendorong dan fluida yang di dorong. Selain itu, dengan menggunakan EOR dapat mengurangi jumlah minyak yang terjebak dikarenakan adanya tekanan kapiler dengan cara mengurangi *interfacial tension* antara fluida yang mendorong dan fluida yang didorong oleh suatu larutan seperti contoh surfaktan atau polimer. Larutan Surfaktan digunakan untuk menurunkan tegangan permukaan atau tegangan antarmuka (*interfacial tension*). Surfaktan yang banyak digunakan adalah bersifat anion surfaktan yang mempunyai daya adsorpsi yang rendah terhadap permukaan batuan sandstone, sementara Nonionik surfaktan digunakan sebagai surfaktan pendamping untuk memperbaiki sistem fasa (Darmapala 2019). Minyak jelantah berasal dari minyak nabati yang berasal dari tumbu-tumbuhan yang sudah di murnikan untuk dijadikan minyak sawit. Penggunaan minyak goreng sebanyak 49% dari total permintaan ialah konsumsi rumah tangga, restoran, dan industri (Susinggih, 2005). Minyak goreng bekas atau minyak jelantah oleh ibu rumah tangga, restoran, dan industri hanya di buang yang dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan. Minyak jelantah dapat menjadikan surfaktan karena dapat menghasilkan busa. Pada percobaan surfaktan, minyak goreng atau minyak jelantah ini dapat menurunkan tegangan antarmuka. (olke, lala 2006). Surfaktan minyak jelantah dibuat beberapa turunan konsentrasi tinggi yaitu 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 dan 1,5% dari campuran brine dengan salintas 15.000 ppm sebanyak 1000 ml, kemudian dilakukan perhitungan sifat fisik fluida seperti densitas, *specific gravity*, viskositas, dan uji tegangan antarmuka. Selanjutnya, dilakukan pengujian sampel batuan seperti porositas, kemudian dilanjutkan dengan saturasi brine, saturasi minyak. Setelah disaturasi dilakukan injeksi brine dan injeksi surfaktan minyak jelantah didapat *recovery factor* brine dan *recovery factor* surfaktan minyak jelantah. Dari hasil *recovery factor* brine dan surfaktan minyak jelantah didapat *recovery factor* total.

1.2. Perumusan Masalah

Tujuan dari pembuatan rumusan masalah adalah untuk mengetahui permasalahan apa saja yang akan dibahas, rumusan masalah tersebut diantaranya adalah:

1. Apakah minyak jelantah dapat digunakan sebagai bahan dasar surfaktan?
2. Apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi surfaktan dari minyak jelantah?
3. Apakah penggunaan surfaktan dari minyak jelantah akan mempengaruhi nilai *recovery factor*?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian yaitu untuk menyatakan target penelitian yang akan dicapai sehingga diperoleh penyelesaian terhadap permasalahan yang diajukan, tujuan tersebut antara lain adalah :

1. Mengetahui apakah minyak jelantah dapat dijadikan bahan dasar surfaktan
2. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi surfaktan berbahan dasar minyak jelantah
3. Mengetahui nilai RF setelah penggunaan surfaktan berbahan dasar minyak jelantah

1.4. Batasan Penelitian

Batasan-batasan yang harus diperhatikan pada percobaan laboratorium mengenai Injeksi Surfaktan adalah :

- Jenis Surfaktan : Surfaktan Minyak Jelantah
- Konsentrasi Surfaktan : 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; dan 1,5%.
- Salinitas: 15.000 ppm
- Temperatur : 30° dan 70° C
- Minyak: Light oil
- Contoh batuan: Sandstone

1.5. Kaitan Penelitian dengan Road Map Penelitian Pribadi dan Road Map Penelitian Fakultas

Kaitan penelitian dengan road map penelitian pribadi dan road map penelitian fakultas adalah *Green Engineering Technology* yang menuju ke *Green Urban Environment* dan menghasilkan **Material Maju**

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Enhanced Oil Recovery ialah metode perolehan minyak dengan tahap lanjut dengan cara menambahkan atau menginjeksikan material atau fluida khusus yang tidak terdapat di reservoir bertujuan untuk mempengaruhi kondisi reservoir awal baik dari sifat fisik batuan ataupun fluida reservoir. Metode EOR yang digunakan yaitu Chemical flooding menggunakan injeksi surfaktan. Agar dapat meningkatkan perolehan minyak dari reservoir dilakukan dengan cara menginjeksikan bahan kimia surfaktan ke dalam reservoir yang nantinya mampu merubah karakteristik dari batuan reservoir dan fluida reservoir.

II.1 Karakteristik Batuan Reservoir

Batuan reservoir adalah batuan yang porous dan permeable, tempat terakumulasinya fluida reservoir (gas, minyak dan air) yang memiliki kemampuan untuk menyimpan dan mengalirkan fluida. Sifat fisik batuan reservoir merupakan sifat penting batuan reservoir dan hubungannya dengan fluida reservoir yang mengisinya dalam kondisi statis dan dinamis (jika ada aliran). Sifat fisik batuan reservoir meliputi porositas, tekanan kapiler, saturasi fluida, permeabilitas, dan tegangan antarmuka.

II.1.1 Porositas

Porositas merupakan ukuran ruang-ruang kosong dalam suatu batuan. Secara definitif porositas merupakan perbandingan antara volume ruang yang terdapat dalam batuan yang berupa pori-pori terhadap volume batuan secara keseluruhan, biasanya dinyatakan dalam fraksi. Besar-kecilnya porositas suatu batuan akan menentukan kapasitas penyimpanan fluida reservoir. Secara matematis porositas dapat dinyatakan pada persamaan II.1 (Kesuma and Kamungin 2015) :

$$\phi = \frac{V_b - V_s}{V_b} = \frac{V_p}{V_b} \quad (\text{II. 1})$$

Dimana :

ϕ = Porositas, %

V_b = Volume batuan total (bulk volume), cc

V_s = Volume padatan batuan total (volume grain), cc

V_p = Volume ruang pori-pori batuan, cc.

Untuk selanjutnya porositas efektif digunakan dalam perhitungan karena pori yang dihitung adalah pori-pori yang saling berhubungan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi porositas antara lain : (Kesuma and Kamungin 2015):

- Ukiran butir atau grain size

Semakin kecil ukuran butir maka rongga yang terbentuk akan semakin kecil pula dan sebaliknya jika ukuran butir besar maka rongga yang terbentuk juga semakin besar.

- Bentuk butir atau sphericity

Batuan dengan bentuk menyerupai bentuk bola maka permeabilitas dan porositas akan lebih besar

- Susunan butir

Apabila ukuran butirnya sama maka susunan butir sama dengan bentuk kubus dan mempunyai porositas yang lebih besar dibandingkan dengan bentuk rhombohedral.

- Pemilahan

Apabila butiran baik maka ada keseragaman sehingga porositasnya akan baik pula. Pemilahan yang jelek menyebabkan butiran yang berukuran kecil akan menempati rongga diantara butiran yang lebih besar akibatnya porositasnya rendah.

- Komposisi mineral

Apabila penyusun batuan terdiri dari mineral-mineral yang mudah larut seperti golongan karbonat maka porositasnya akan baik karena rongga-rongga akibat proses pelarutan dari batuan tersebut.

- Sementasi

Material semen pada dasarnya akan mengurangi harga porositas.

- Kompaksi dan pemampatan

Adanya kompaksi dan pemampatan akan mengurangi harga porositas. Apabila batuan terkubur semakin dalam maka porositasnya akan semakin kecil yang diakibatkan karena adanya penambahan beban (A P Dimas n.d.). Klasifikasi porositas dapat dilihat pada tabel II.1

Tabel II. 1 Klasifikasi Porositas(Kesuma and Kamungin 2015)

Porositas	Kualitas
(0 - 5)	Porositas sangat buruk
(5 - 10)	porositas buruk
(10 - 15)	Porositas sedang
(15 - 20)	Porositas baik
(20 - 25)	Porositas sangat baik

II.1.2 Permeabilitas

Kemampuan batuan berpori untuk mengalirkan fluida. Apabila pori batuan tidak saling berhubungan maka batuan tersebut tidak memiliki permeabilitas. (Kesuma and Kamungin 2015).

secara matematis permeabilitas dapat dinyatakan pada persamaan II.2 :

$$Q = \frac{K \cdot A \cdot \Delta P}{\mu \cdot L} \quad (II.2)$$

Permeabilitas dibedakan menjadi tiga berdasarkan jumlah fasanya, yaitu: (Kesuma and Kamungin 2015)

- Permeabilitas Efektif (K_e)

Kemampuan batuan untuk mengalirkan lebih dari 1 fasa fluida pada media berporous. Contohnya; minyak (K_o), gas (K_g) dan air (K_w). Jenis fluida, wettabilitas dan geometri dari pori-pori mempengaruhi permeabilitas efektif.

- Permeabilitas Absolut (K)

Merupakan permeabilitas yang hanya dapat mengalirkan 1 fasa fluida pada pori-pori batuan. Contohnya; hanya minyak, gas, atau air saja

- Permeabilitas Relatif (K_r)

Permeabilitas relatif adalah perbandingan antara permeabilitas efektif dengan permeabilitas absolut.

$$K_{ro} = \frac{K_o}{K} \quad (II.3)$$

$$K_{rg} = \frac{K_g}{K} \quad (II.4)$$

$$K_{rw} = \frac{K_w}{K} \quad (II.5)$$

Klasifikasi permeabilitas dikatakan baik atau buruk didasarkan atas klasifikasi pada tabel II.2 :

Tabel II. 2 Klasifikasi Permeabilitas (Kesuma and Kamungin 2015)

Permeabilitas	Keterangan
> 100	Istimewa
100 - 1000	Sangat baik
10 - 100	Baik
5 - 10	Sedang
< 5	Ketat

II.1.3 Saturasi

Saturasi fluida didefinisikan sebagai perbandingan antara volume pori-pori batuan yang ditempati oleh fluida tertentu dengan volume pori-pori total pada suatu batuan berpori. Saturasi dapat dinyatakan dalam persamaan dibawah ini :

$$S_o = \frac{\text{volumepori-poriyangdiisiminyak}}{\text{volemepori-poritotal}} \quad (\text{II.6})$$

$$S_w = \frac{\text{volumepori-poriyangdiisiair}}{\text{volemepori-poritotal}} \quad (\text{II.7})$$

$$(S_g) = \frac{\text{volumepori-poriyangdiisigas}}{\text{volemepori-poritotal}} \quad (\text{II.8})$$

II.1.4 Tegangan Antarmuka

Tegangan antarmuka merupakan suatu bidang pemisah diantara kedua zat yang tidak saling bercampur. Pada tegangan antar-muka terjadi interaksi antar molekul tidak sejenis sehingga muncul gaya adhesi dan gaya kohesi. Gaya adhesi merupakan gaya yang timbul dari molekul-molekul yang tidak sejenis, sedangkan kohesi merupakan gaya yang timbul dari molekul-molekul yang sejenis. Dikarenakan adanya kedua gaya tersebut menyebabkan tarik-menarik sehingga molekul-molekul tersebut mengalami ketidakseimbangan. Ketidakseimbangan tersebut yang menimbulkan tegangan yang disebut juga dengan tegangan antar-muka atau interfacial tension (IFT). Alat yang digunakan untuk mengukur IFT ialah Tensiometer Du-Nuoy. Dari alat ini, didapat nilai CMC (Critical Micelle Concentration) dimana ketika surfaktan dalam larutan menyebabkan turunnya tegangan antarmuka larutan. Setelah mencapai konsentrasi tertentu, tegangan antarmuka akan konstan walau konsentrasi surfaktan ditingkatnya maka CMC akan tercapai (Kasmungin and Hartono 2018).

Untuk menambah luas permukaan suatu zat sebanding dengan pertambahan luasnya. Konstanta pembanding atau usaha persatuan luas disebut dengan koefisien tegangan permukaan, Persamaan Tegangan permukaan terdapat pada persamaan II.9:(Kesuma and Kamungin 2015)

$$\sigma = \frac{W}{dA} \quad (\text{II.9})$$

Faktor yang mempengaruhi besar tegangan antarmuka yaitu (Kesuma and Kamungin 2015) :

- Suhu

Jika suhu mengalami kenaikan dapat menyebabkan luas permukaan bertambah dikarenakan, bertambahnya jarak antara molekul dalam zat karena mengalami ekspansi oleh suhu tersebut sehingga

energi bebas permukaan tiap molekul akan berkurang sehingga menyebabkan tegangan permukaan dari sistem akan berkurang.

- Pengaruh Zat Lain

Penambahan zat terlarut akan meninggalkan viskositas larutan, sehingga tegangan permukaan semakin besar. Surfaktan adalah zat yang dapat mengaktifkan permukaan karena cenderung terkonsentrasi pada permukaan, penambahan surfaktan dapat menurunkan tegangan permukaan.

II.1.5 Tekanan Kapiler

Tekanan kapiler (P_c) ialah perbedaan tekanan dimana terjadi diantara permukaan dua fluida yang tidak saling bercampur (cairan-cairan atau cairan-gas) keduanya mengalami keadaan statis di dalam system kapiler. Perbedaan tekanan dari dua fluida ialah perbedaan tekanan antara fluida non-wetting phase (P_{nw}) dengan fluida wetting phase (P_w). Persamaan tekanan kapiler terdapat pada persamaan II.10 (Kesuma and Kamungin 2015)

$$P_c = P_{nw} - P_w \quad (\text{II.10})$$

Tekanan kapiler berpengaruh untuk mengontrol jalannya fluida di dalam batuan reservoir dan merupakan mekanisme pendorong minyak dan gas untuk mengalir melalui pori-pori reservoir. Tekanan kapiler di dalam batuan berpori tergantung pada ukuran pori-pori dan macam fluidanya, Persamaan tekanan kapiler terdapat pada persamaan II.11:(Kesuma and Kamungin 2015)

$$P_c = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \cos\theta}{r} = \Delta\rho \cdot g \cdot h \quad (\text{II.11})$$

II.2 Karakteristik Fluida Reservoir

Pada penentuan karakteristik fluida reservoir (gas atau minyak) dan air memiliki karakteristik yang berbeda untuk setiap reservoir, tergantung dari lingkungan pengendapannya sehingga mempunyai sifat yang berbeda satu dengan yang lain. Untuk mengetahui karakteristik reservoir yaitu:

II.2.1 Densitas

Pengukuran massa setiap pada satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis benda, maka semakin besar masa tiap volume. Densitas dipengaruhi oleh tekanan dan suhu. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Penentuan harga densitas dapat diukur dengan alat Density Meter. Densitas dilambangkan dengan symbol ρ dan Persamaan densitas terdapat pada persamaan II.12 : (Yulia, Kasmungin, and Fathaddin 2017)

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{II.12})$$

II.2.2 Viskositas

Keengganan fluida untuk mengalir atau biasa disebut kekentalan fluida. Alat yang digunakan mengukur viskositas ialah viscometer. Satuan dari Viskositas adalah centiPoise (cp) atau gr/100s-1/cm-2. Pada penentuan viskositas menggunakan alat viskometer Ostwald dan viscometer NDJ-8S. Viskositas minyak dipengaruhi :(Yulia et al. 2017)

- Temperatur

Semakin tinggi temperature mengakibatkan viscositas minyak semakin kecil.

- Tekanan

Pada tekanan atmosfer ke tekanan saturasi(Pb) viskositas minyak mengalami penurunan karena volume gas terlarut lebih besar bila dibandingkan dengan tekanan yang terjadi. Pada tekanan di atas tekanan saturasi(Pb) maka minyak mengalami tekanan yang mengakibatkan kenaikan viskositas minyak

- Komposisi

Semakin kompleks suatu senyawa maka viskositas minyak nya semakin besar karena minyak semakin berat.

II.2.3 Spesific Gravity

Specific gravity merupakan perbandingan densitas zat terhadap densitas zat standart. Untuk gas yang digunakan adalah udara, sedangkan untuk liquid referensi yang digunakan adalah air. Specific gravity terdapat persamaan II.13 :(Yulia et al. 2017)

$$SG = \frac{\rho}{\rho_r} \quad (\text{II.13})$$

Untuk referensi gas yang digunakan adalah udara dan untuk liquid referensi yang digunakan air.

Untuk gas dapat dinyatakan dengan persamaan II.14:

$$SG = \frac{M_{wg}}{M_{wu}} \quad (\text{II.14})$$

$$API \text{ Gravity} = \frac{141.5}{SG} - 131.5 \quad (\text{II.15})$$

Nilai SG dapat diukur dengan alat Density Meter Anton Paar.

Klasifikasi nilai °API adalah sebagai berikut:

- Minyak ringan, ≥ 30 API
- Minyak sedang, berkisar 20 – 30 API
- Minyak berat, berkisar 10 – 20 API.

II.3 Enhanced Oil Recovery

Enhanced Oil Recovery ialah metode perolehan minyak dengan tahap lanjut dengan cara menambahkan atau menginjeksikan material atau fluida khusus yang tidak terdapat di reservoir bertujuan untuk mempengaruhi kondisi reservoir awal baik dari sifat fisik batuan ataupun fluida reservoir. EOR memiliki empat macam metode yaitu, miscible flooding, chemical flooding, thermal flooding dan microbial flooding. Pada chemical flooding terdapat 3 jenis macam injeksi yaitu, injeksi surfaktan, injeksi polimer dan injeksi alkalin (Terry, 2011). Pemilihan penggunaan injeksi yang cocok tergantung dari sifat batuan dan reservoir yang ada didalamnya. Minyak yang dapat diperoleh dari produksi tahap primer dan sekunder umumnya berkisar antara 35-50% dari OOIP, sehingga menyisakan target potensial EOR yang cukup besar sekitar 50-65%. Dikarenakan EOR adalah suatu metode yang berbiaya besar dan beresiko tinggi, sebelum menerapkan EOR harus melewati beberapa tahap seperti memilih jenis metode yang tepat sesuai dengan karakteristik reservoir dan metode screening criteria yang ada.

II.3.1 Chemical Injection

Pada injeksi kimia memiliki tiga macam jenis kimia, yaitu: surfaktan, polimer, alkalin dan juga kombinasi dari beberapa jenis tersebut. Dasar dari injeksi kimia adalah menginjeksikan surfaktan yang bertujuan mengurangi tegangan antar-muka antara minyak dan fluida pendorong (J.Sheng, 2011). Alkalin adalah satu dari jenis injeksi yang menggunakan reaksi antara jenis kimia seperti sodium karbonat (Na_2CO_3), sodium hidroksida (NaOH) dan kalium hidroksida (KOH) sebagai sumber alkali yang umum untuk menghasilkan in-situ surfaktan yang dapat berfungsi sama dengan surfaktan pada umumnya.

Penambahan alkali akan mengurangi adsorpsi dari surfaktan (Sedaghat et al., 2013). Surfaktan adalah suatu metoda yang menggunakan satu atau beberapa larutan surfaktan agar dapat membuat minyak yang terperangkap dapat keluar dan mengalir dengan cara menurunkan IFT (interfacial tension). Kriteria SKKMigas untuk surfaktan flood pada tegangan antarmuka adalah kurang dari 1×10^{-3} dyne/cm, nilai adsorpsi kurang dari $400 \mu\text{g/g}$ rock, kestabilan lebih dari 3 Bulan, dan rasio filtrasi kurang dari 1,2. (Ricky et al. 2018). Polimer ialah sebagai kontrol penggerak (unswept oil) minyak di

reservoir untuk meningkatkan efisiensi. Karena ukuran pori bebatuan tidak homogen dan adanya minyak yang tidak tersapu (unswept oil), polimer cenderung untuk menurunkan permeabilitas air sehingga dapat mengurangi fingering atau channeling.

II.3.2 Screening Criteria Chemical Injection

Injeksi kimia merupakan jenis metode pengurasa minyak tahap lanjut (Enhanced Oil Recovery) dengan menambahkan zat-zat kimia kedalam air injeksi untuk menaikkan perolehan minyak mengakibatkan kenaikan efisiensi penyapuan atau menurunkan saturasi minyak sisa yang tertinggal di reservoir. Injeksi kimia memiliki kelayakan yang bagus pada reservoir-reservoir yang sukses dilakukan injeksi air pada kandungan minyak yang masih ekonomis. Tetapi pengembangannya masih lambat karena disebabkan oleh biaya dan resiko yang tinggi.

Pada Injeksi kimia terdapat tiga yaitu injeksi polimer, injeksi surfaktan, dan injeksi alkaline. Penggunaan Injeksi kimia mempunyai kelebihan yaitu menurunkan tegangan permukaan antara minyak dan air, meningkatkan viskositas fluida, meningkatkan water wettability, dan meningkatkan mobilitas minyak. Injeksi kimia ini sangat berpotensi untuk berhasil dengan baik jika diterapkan pada reservoir-reservoir yang telah sukses dilakukan injeksi air namun masih banyak minyak yang belum bisa diambil. Dengan kata lain injeksi polymer akan semakin mengefektifkan efek dari injeksi air yang telah dilakukan. Hal ini dikarenakan permukaan kontak antara zat kimia-minyak lebih baik jika dibandingkan permukaan kontak antara air-minyak dalam mekanisme pendesakan.

Ada tiga macam zat kimia yang biasa digunakan dalam injeksi kimia, yaitu: surfactant (zat aktif permukaan), alkalin (kaustik) dan polymer. Injeksi polimer kegunaannya memperbesar viskositas, penambahan polimer ke dalam air untuk memperbaiki sifat fluida pendesak yang diharapkan perolehan minyak akan lebih besar. Injeksi surfaktan kegunaan menurunkan tegangan antarmuka dan mendesak minyak dengan menggunakan pendorong air mengakibatkan kenaikan efisiensi pendesak pada pori.

Tegangan antarmuka yang baik ketika telah sampai nilai CMC (critical Micelle Concentration) dimana tegangan antarmuka akan konstan yang menunjukkan bahwa tegangan antarmuka menjadi jenuh dan terbentuk micelle ialah kumpulan unit yang terdiri molekul bahan aktif permukaan yang melarutkan minyak dengan cara mengangkat minyak ke permukaan dan mendispersikannya ke larutan. Injeksi alkaline ialah suatu proses dimana pH pada air injeksi terkontrol di harga 12–13 untuk memperbaiki perolehan minyak, sering dilakukan penambahan NaOH dan KOH. Injeksi micella polimer dapat meningkatkan efisiensi penyapuan dan efisiensi pendesak dan dapat meningkatkan mobilitas minyak di reservoir. Untuk injeksi kimia screening criteria untuk penerapannya pada tabel II.3 :(Ansyori 2018)

Tabel II.3 Screening Criteria Chemical Injection (Ansyori 2018)

Jenis Injeksi	polimer	Surfactant	Alkalin
Batuan reservoir	sandstone	Sandstone	sandstone, Kaolinite PH rendah
Temperatur (F)	<200 Polyacrylamide < 160 Xanthan gum	tidak spesifik	<200
Mobilitas oil-water (Mow)	5-40	tidak spesifik	tidak spesifik
porositas (%)	18-20	16-18	tidak spesifik
permeabilitas (mD)	tidak spesifik	<250	50-250
ketebalan lapisan (ft)	15-400	>10	tidak spesifik
Kedalaman (ft)	300-5000	>300	tidak spesifik
Saturasi Minyak (%)	>10	>20	tidak spesifik
Oil Gravity (API)	<36	>25	tidak spesifik
Viskositas Minyak (cp)	<200		<250
kekhususan	heterogenitas batuan sedang	salinitas air formasi <200.000 ppm	Kandungan CO2 maks 1% pH maks 6,5

II.3.3 Surfaktan

Surfaktan merupakan surface active agent, yaitu senyawa kimia aktif yang dapat menurunkan tegangan permukaan yang memiliki struktur bipolar. Terdapat dua bagian utama pada surfaktan, yaitu bagian kepala yang bersifat hidrofilik dan bagian ekor yang bersifat hidrofobik oleh karena itu surfakatan cenderung ada pada antarmuka antara fasa yang memiliki derajat polaritas dan ikatan hidrogen seperti minyak dan air (Sumantri, Yosaphat et al., 2015). Bagian pada kepala yaitu hidrofilik akan masuk kedalam larutan polar dan bagian yang lipofilik akan masuk ke larutan non polar sehingga surfaktan akan menggabungkan kedua senyawa yang seharusnya tidak dapat bergabung. Namun tergantung pada komposisi surfaktan yang digunakan, jika hidrofilik yang dominan surfaktan akan terlarut dalam air jika lipofilik yang dominan surfaktan akan terlarut dalam minyak sehingga surfaktan tidak dapat berfungsi dengan baik (Veronika, Cynthia. 2018).

Surfaktan pada injeksi kimia selain dapat menurunkan tegangan antar muka dan juga dapat berguna untuk meningkatkan kestabilan partikel yang terdispersi dan mengontrol jenis formasi emulsi contoh nya oil in water (O/W) atau water in oil (W/O). Pada saat menginjeksikan surfaktan ke dalam sumur tidak perlu menginjeksikannya secara terus-menerus. Surfaktan yang ada di market hanya bisa bekerja dengan salinitas sekitar 2.000 ppm, sementara salinitas dari formasi reservoir bisa mencapai 14.000-153.000 ppm. (Darmapala 2019).

Surfaktan umumnya dapat dibagi menjadi empat macam, berikut adalah klasifikasi surfaktan berdasarkan muatannya sudah digolongkan oleh Lake (1989), yaitu:

1. Surfaktan Anionik: yaitu surfaktan yang bagian hidrofilik terikat pada suatu anion. Umumnya terdapat pada pendesakan surfaktan karena surfaktan yang baik dan tahan lama, stabil dan murah.
2. Surfaktan Kationik: yaitu surfaktan pada bagian kepala yaitu hidrofilik membentuk ion positif dalam air. Surfaktan kationik: memiliki kelarutan yang lebih tinggi dalam kondisi asam dibandingkan dalam kondisi netral atau larutan alkali. Contohnya yaitu amine oxides, garam quaternary, dan diamine dan polyamines (Kasmungin and Hartono 2018)
3. Surfaktan Nonionik: yaitu surfaktan pada hidrofiliknya tidak memiliki muatan ion. Umumnya digunakan sebagai co-surfaktan, namun penurunan IFT nya tidak sebaik dengan surfaktan anionik.
4. Surfaktan Amfoter: yaitu surfaktan yang bagian hidrofiliknya mempunyai muatan ion positif dan negatif.

Sebelum menginjeksikan surfaktan pada suatu sumur, harus melewati tahapan-tahapan untuk menentukan surfaktan jenis apa yang cocok untuk diinjeksikan kedalam sumur yang ingin diproduksi, diantaranya adalah:

- Uji Compatibility, mengetahui kecocokan surfaktan terhadap air formasi, surfaktan dapat berhasil diinjeksikan jika larutan tetap jernih setelah surfaktan dilarutkan di air formasi.
- Uji Phase Behavior, untuk dapat mengetahui interaksi yang dihasilkan oleh surfaktan dapat membentuk mikroemulsi saat surfaktan dan minyak disatukan.
- Uji IFT, untuk dapat melihat nilai tegangan antarmuka surfaktan dengan minyak. (Research and Development Injection Center for Oil and Gas Technology, 2008; Hardianti et al., 2019)

Selain itu terdapat tahapan-tahapan, ada beberapa faktor yang mempengaruhi kinerja dari Injeksi Surfaktan menurut Cynthia Vero, yaitu diantaranya adalah : (Ricky et al. 2018)

1. Adsorpsi

Tergantung dengan kemampuan dari konsentrasi surfaktan, jika konsentrasi surfaktannya tinggi maka daya penyerapan yang dilakukan pada batuan reservoir pun tinggi, jika konsentrasi

surfaktan rendah maka yang terjadi pun sebaliknya. Oleh karena itu dapat mengakibatkan terjadinya fraksinasi dan fungsi surfaktan sebagai surface active agent untuk mengurangi IFT pun berkurang. Jika suatu konsentrasi surfaktan mengalami penurunan secara bertahap maka akan menurunkan slug surfaktan pun menurun.

2. Konsentrasi Surfaktan

Injeksi surfaktan dengan konsentrasi yang cukup pekat akan mengakibatkan perolehan minyak yang cukup besar, penurunan tegangan antarmuka minyak dan air akan terus berlangsung karena batuan reservoir akan mencapai titik jenuh.(Ricky et al. 2018)

3. Kandungan lempung

Kandungan lempung pada batuan reservoir sangat diperhitungkan oleh sifat fisik clay yang suka air (lyophile) menyebabkan perolehan minyak sisa berkurang dan menurunkan recovery factor reservoir.(Ricky et al. 2018)

4. Salinitas Air Formasi

Salinitas air formasi berdampak pada penurunan tegangan permukaan minyak – air pada surfaktan. Pada konsentrasi garam, NaCl mengakibatkan penurunan tegangan permukaan minyak – air yang tidak efektif, diakibatkan ikatan kimia pembentuk NaCl merupakan ikatan ion yang mudah larut. Begitu halnya pada molekul surfaktan, selain mempengaruhi tegangan permukaan minyak – air, penggunaan NaCl mengakibatkan fraksinasi surfaktan menjadi besar, hingga batuan reservoir mencapai titik jenuh.

Pengaruh penurunan tegangan antar muka (IFT) dapat dinyatakan dalam bilangan kapiler (Capillary Number, N_c) yang didefinisikan pada persamaan II.16:

$$N_c = \frac{\text{gayakekentalan}}{\text{gayakapiler}} = \frac{V \cdot \mu \text{fasependesak}}{IFT} \quad (\text{II.16})$$

II.4 Minyak Jelantah

Pada dasarnya minyak jelantah berasal dari minyak sawit atau sisa hasil penggorengan. Masyarakat pada umumnya memakai kembali minyak goreng yang sudah di pakai atau disebut minyak jelantah. Banyak masyarakat dan industri membuat minyak goreng bekas atau minyak jelantah ke saluran air yang menuju ke sungai yang mengakibatkan kerusakan lingkungan. Di Indonesia, dengan luas perkebunan kelapa sawit sebesar 12,3 juta Ha dan menghasilkan produksi sebesar 35,36 juta Ton Crude Palm Oil (CPO) (Statistik Perkebunan Indonesia, 2017), sekitar 68% produk di ekspor masih dalam bentuk CPO. Dengan produksi CPO yang besar, peluang untuk pengembangan pembuatan surfaktan dari bahan baku kelapa sawit yang lebih ekonomis menjadi sangat terbuka dan tentu akan memberi nilai tambah jika dibandingkan di ekspor dalam bentuk CPO. Keekonomian dari surfaktan

yang disintesa dari Refined, Bleached, Deodorized (RBD) palm oil sangat berpotensi untuk digunakan dalam EOR di industri hulu minyak bumi (Darmapala 2019). Produksi minyak goreng yang besar memungkinkan pemanfaatan surfaktan maka dilakukan penelitian pemanfaatan minyak jelantah kelapa sawit dijadikan surfaktan.

Untuk mengembalikan kandungan yang seperti minyak goreng maka dilakukan pemurnian minyak jelantah. Upaya pengolahan minyak jelantah dapat dilakukan dengan adsorpsi. Adsorpsi adalah suatu proses yang terjadi ketika suatu fluida (cairan maupun gas) terikat kepada suatu padatan dan akhirnya membentuk suatu film (lapisan tipis) pada permukaan padatan tersebut. Berbeda dengan absorpsi, dimana fluida terserap oleh fluida lainnya dengan membentuk suatu larutan. Dalam adsorpsi digunakan istilah adsorbat dan adsorben, dimana adsorbat adalah substansi yang terjerap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorben merupakan suatu media penyerap yang dalam hal ini berupa senyawa karbon. (Syauqiah, Amalia, and Kartini 2011)

Adsorben yang biasa digunakan adalah arang aktif (Indah and Hendrawani, 2017). Arang aktif biasanya dibuat dari bahan berbasis karbon, seperti batubara, lignin, bahan lignoselulosa, polimer sintesis, dan limbah karbon. Arang aktif adalah material yang berbentuk butiran atau bubuk yang berasal dari material yang mengandung karbon misalnya tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras, batubara dan sebagainya (Indah and Hendrawani, 2017). Karbon aktif adalah karbon yang dimurnikan, yaitu konfigurasi atom karbonnya dibebaskan dari ikatan dengan unsur lain. (Oko et al. 2020)

Minyak goreng bekas dapat diolah menjadi sabun mandi baik dalam bentuk padat maupun cair (Wijana dkk., 2010; Priani, 2010). Pemanfaatan sabun Sabun dihasilkan dari proses hidrolisis minyak atau lemak menjadi asam lemak bebas dan gliserol yang dilanjutkan dengan proses saponifikasi menggunakan basa (KOH atau NaOH). Yang nantinya dapat dijadikan percobaan surfaktan. (Prihanto and Irawan 2019)

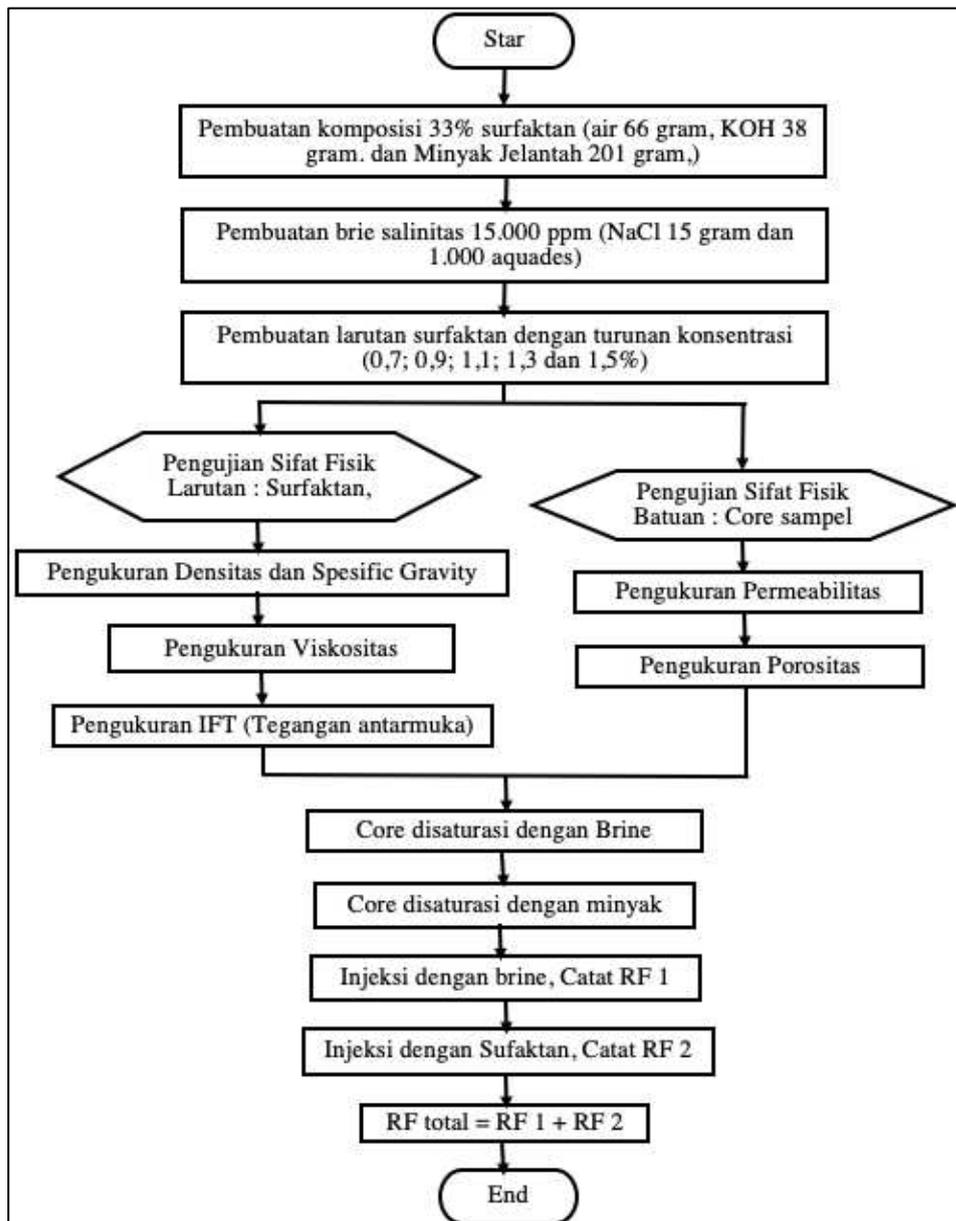
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian ini dalam jangka waktu 16 September 2021 sampai 01 Agustus 2022 dari pembuatan proposal, pengambilan sampel, pengujian, pembuatan hasil pengujian, pembuatan laporan dan luaran. Adapun lokasi penelitian adalah Laboratorium *Enhanced Oil Recovery* (EOR), Program Studi Teknik Perminyakan, FTKE, Universitas Trisakti dan lokasi pengambilan sampel limbah minyak jelantah diambil dari penjual pecel lele di sekitar Universitas Trisakti, Jakarta Barat.

3.2. Metode Penelitian

Penelitian pada percobaan mengenai Enhanced Oil Recovery pada Injeksi Surfaktan menggunakan minyak jelantah yang dilakukan di laboratorium menentukan nilai perolehan minyak dari setiap variasi konsentrasi surfaktan, sehingga dapat perbandingan nilai tiap konsentrasi surfaktan pada penelitian. Penelitian dilakukan dengan temperatur 30° C dan 70° C. Temperatur 30° C sebagai temperatur permukaan dan temperatur 70° C yaitu sebagai temperatur reservoir. Penelitian dimulai dengan pembuatan brine dan pembuatan surfaktan. pembuatan brine menggunakan 15.000 ppm (kadar garam 15 gram dan aquades 1000 ml) sedangkan surfaktan yang digunakan pada komposisi 33% disebut larutan A (dengan menggunakan bantuan aplikasi soapcalc.net) perhitungan pembuatan sabun untuk dijadikan surfaktan. Lalu penentuan nilai sifat fisik fluida pada brine, surfaktan, dan crude oil lapangan MI. Selain itu, pada penelitian ini sifat fisik batuan yang ditentukan antara lain nilai porositas dan permeabilitas. Surfaktan dari komposisi 33% atau larutan A lalu dibuat turunan larutan dengan beberapa konsentrasi ialah 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 dan 1,5% yang ditambahkan kedalam aquades sebanyak 1 liter. Kemudian dilakukan uji IFT. Setelah didapat nilai IFT (*Interfacial Tension*) lalu di plot untuk mendapatkan nilai CMC (*Critical Micelle Concentration*). CMC (*Critical Micelle Concentration*) yang terbaik ialah titik awal nilai Tegangan Antarmuka (IFT) mulai stabil atau konstan walau konsentrasi surfaktan ditingkatkan. Sebelum melakukan injeksi surfaktan terlebih dahulu dilakukan saturasi core sample menggunakan brine 15.000 ppm selama 24 jam. Selanjutnya dilakukan saturasi minyak pada core tersebut sebanyak 40 ml. Proses injeksi surfaktan dilakukan setelah core disaturasi minyak. Tahapan injeksi pertama yaitu core di injeksi dengan brine lalu diamati fluida yang keluar dari core tersebut. Selanjutnya dilakukan injeksi dengan konsentrasi surfaktan (1,1%, 1,3%, dan 1,5%) dan diakhir penentuan didapat nilai recovery faktor. Diagram alir injeksi surfaktan pada persamaan gambar III.1



Gambar III. 1 Diagram alir penelitian surfaktan berbahan dasar minyak jelantah

3.3. Metode Analisis

Analisis data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari analisis sifat fisik sampel batuan dan sifat fisik dari minyak jelantah yang akan digunakan sebagai bahan dasar surfaktan. Analisis dimulai dari:

1. Analisis data sampel batuan berdasarkan hasil uji sampel core di Laboratorium
2. Analisis awal tingkat absorbans atau transmittan dari limbah minyak jelantah berdasarkan hasil uji spektrofotometer sehingga sesuai dengan karakteristik yang cocok untuk pembuatan surfaktan
3. Analisis gugus fungsi limbah dari uji Fouier-TransformInfrared Spectrometer (FTIR)

Tahap selanjutnya adalah analisis terhadap pengaruh suhu di setiap konsentrasi surfaktan dari minyak jelantah pada proses EOR, sehingga didapat tingkat perolehan minyak yang optimal.

3.4. Indikator Capaian Penelitian

Indikator penelitian yang diharapkan tercapai adalah sebagai berikut:

- Dapat menguji viskositas surfaktan pada dua temperature yaitu 30 dan 70 °C dengan pengukuran diberbagai konsentrasi, semakin tinggi konsentrasi maka nilai viskositas semakin tinggi pada dua suhu berbeda dan semakin tinggi suhu dengan konsentrasi yang semakin kecil maka nilai viskositas semakin rendah.
- Dapat menguji densitas dan specific gravity (SG). Semakin tinggi konsentrasi surfaktan maka nilai densitas dan SG pada dua suhu berbeda akan semakin tinggi. Semakin tinggi konsentrasi dan semakin tinggi suhu maka nilai densitas dan SG akan semakin kecil.
- Dapat menguji tegangan antarmuka. Semakin besar zat terlarut yang ditambahkan, maka akan menurunkan nilai tegangan antarmuka. Karena mempunyai konsentrasi dipermukaan yang lebih besar daripada didalam larutan.
- Dapat menguji sifat fisik batuan seperti porositas dan permeabilitas guna melihat ke efisienan batuan saat dilakukannya injeksi surfaktan atau waterflooding untuk mendapatkan nilai RF yang sesuai.

Berdasarkan point-point di atas maka indikator capaian penelitian ini dari luaran yang dihasilkan yaitu tingkat pengaruh suhu terhadap konsentrasi limbah minyak jelantah sebagai bahan surfaktan. Secara optimum dan HKI -Hak Cipta dari poster rangkuman penelitian dan publikasipaper penelitian ke Jurnal Sinta 3 atau 4

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini, hasil dari penelitian yang telah dilakukan di laboratorium *Enhanced Oil Recovery* (EOR) di Universitas Trisakti Gedung C Lantai 2, dengan judul penelitian Pemanfaatan Minyak Jelantah Pecel lele untuk bahan Surfaktan dalam Peningkatan Perolehan Minyak Bumi dengan Konsentrasi Tinggi melalui Studi Laboratorium, dengan tujuan akhir percobaan adalah menentukan nilai *recovery factor* (RF) dari larutan surfaktan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui apakah surfaktan ini bagus untuk digunakan sebagai injeksi *Enhanced Oil Recovery*. Tahapan awal sebelum melakukan percobaan, dilakukan penentuan nilai sifat fisik larutan yang digunakan dalam percobaan pada tabel IV.1

Tabel IV. 1 Data Awal Percobaan

Sample	Densitas, g/cm^3	Specific Gavity	°API
Crude Oil	0,7944	0,7978	44,01
Aquadest	0,9957	1,0001	9,18

Pada table IV.1 densitas crude oil lebih ringan dibandingkan dengan aquades, karena jika minyak dan air di campurkan, minyak akan berada di atas. Oleh sebab itu massa jenis minyak lebih ringan dibandingkan air dan bahwa partikel minyak lebih banyak bergerak dibanding partikel air sehingga memiliki ruang kosong yang lebih besar dibanding air. Akibatnya massa jenis air akan lebih besar dibanding minyak, dan sama halnya dengan *specific gravity*. °API pada crude oil menunjukkan jenis minyaknya. Untuk nilai °API lebih besar dari 30, maka minyak tersebut termasuk kedalam minyak mentah ringan (*light crude oil*).

IV.1 Pembuatan Larutan Surfaktan

Pembuatan larutan surfaktan sebagai bahan dasar penelitian yaitu menggunakan perhitungan software soapcalc.net dengan menggunakan komposisi persen air dari berat minyak sebesar 33%. Dalam perhitungan di soapcalc.net dapat dilihat pada table IV.2 dan untuk *screenshot* terdapat dalam lampiran A.

Tabel IV. 2 Komposisi Pembuatan Surfaktan

Bahan	Gram
Air	66,33
Lye-KOH	38,00
Minyak Jelantah	201,00

Pembuatan Surfaktan dilakukan selama 12 jam dengan pencampuran air (*aquadest*) 66,33 gram, minyak jelantah sebagai bahan dasarnya sebesar 201 gram, dan KOH sebagai senyawa logam yang bersifat sangat basa dan merupakan bahan kimia berbentuk bubuk atau serpihan yang berperan sebagai bahan alkali atau kalium yang digunakan dalam jumlah kecil yaitu 38 gram untuk memproses perubahan kandungan pH. Surfaktan dari komposisi 33% dibuat turunan larutan dengan beberapa konsentrasi yaitu 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 dan 1,5%. Perhatikan tabel IV.3 berikut:

Tabel IV. 3 Campuran Surfaktan dalam Brine

Konsentrasi Surfaktan (%)	Jumlah Surfaktan dalam brine (gr)
0,7	1,4
0,9	1,8
1,1	2,2
1,3	2,6
1,5	3,0

Untuk membuat larutan surfaktan 0,7% dicampurkan 1,4 gram surfaktan dalam 200 gram brine. Begitu juga untuk pembuatan surfaktan konsentrasi yang lainnya.

IV.2 Pembuatan Larutan Brine

Pembuatan larutan brine dengan mencampurkan NaCl dengan aquades. Untuk membuat larutan brine dengan salinitas 15.000 ppm digunakan aquades sebanyak 1.000 ml dan NaCl 15 gram. Berikut perhitungan larutan brine dengan salinitas 15.000 ppm, NaCl yang dicampurkan ke dalam 1.000 ml (1 liter) aquadest adalah sebanyak:

$$= \frac{15.000 \text{ mg}}{1.000 \text{ ml}} \times 1.000 \text{ ml}$$

$$= 15.000 \text{ mg}$$

$$= 15 \text{ gram}$$

IV.3 Uji Konsentrasi Surfaktan pada Sifat Fisik Fluida

Dalam penelitian, uji konsentrasi surfaktan pada sifat fisik fluida dilakukan dengan dua temperatur yaitu 30 dan 70 °C dimana 30 °C untuk melihat kestabilan larutan di suhu ruangan dan pada 70 °C untuk melihat kestabilan dalam suhu reservoir. Konsentrasi surfaktan yang akan di uji viskositas, densitas, *specific gravity*, dan IFT (*interfacial tension*) atau tegangan antarmuka yaitu 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; dan 1,5%.

IV.3.1 Uji Viskositas Konsentrasi Surfaktan

Pengujian viskositas dilakukan menggunakan alat *Viscosimeter NDJ-8S* dengan satuan centipoise. Konsentrasi larutan surfaktan yang digunakan untuk di uji yaitu 0,7; 0,9; 1,1; 1,3; dan 1,5%. Pada tabel IV.4 terlampir nilai hasil uji viskositas di setiap konsentrasi larutan.

Tabel IV. 4 Hasil nilai viskositas disetiap larutan pada temperatur 30 dan 70° C

Konsentrasi, %	Viskositas, cp	
	Temperatur 30° C	Temperatur 70° C
0,7	1,75	1,5
0,9	2	1,7
1,1	2,5	2
1,3	3	2,5
1,5	4	3



Gambar IV. 1 Pengaruh Konsentrasi Surfaktan terhadap Viskositas pada suhu 30° C dan 70° C

Pada tabel IV.4 pengujian viskositas di lakukan pada dua temperatur yaitu 30° C dan 70° C. Apabila konsentrasi surfaktan semakin tinggi, maka nilai viskositas juga semakin tinggi. Semakin tinggi temperatur, maka semakin rendah nilai viskositasnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar IV.1

IV.3.2 Uji Densitas dan Specific Gravity Konsentrasi Surfaktan

Uji densitas pada konsentrasi surfaktan 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 dan 1,5% dilakukan menggunakan alat Density Meter DMA 4100 M dengan menggunakan dua suhu yang berbeda yaitu 30° C dan 70° C, Pada uji densitas nilai *specific gravity* akan keluar pada layar alat Density Meter DMA 4100 M bersamaan dengan keluarnya nilai densitas. Densitas didefinisikan sebagai massa per satuan volume.

Sedangkan *specific volume* adalah volume dibagi satuan massa. Untuk pengujian densitas dapat dilihat pada tabel IV. 5

Tabel IV. 5 Nilai Uji Densitas Konsentrasi Surfaktan Temperatur 30 dan 70° C

Konsentrasi, %	Densitas, g/cm^3	
	Temperatur 30° C	Temperatur 70° C
0,7	1,0049	0,9864
0,9	1,0051	0,9865
1,1	1,0052	0,9867
1,3	1,0053	0,9871
1,5	1,0054	0,9873

Nilai uji densitas pada konsentrasi berbeda didapat bahwa semakin tinggi konsentrasi maka nilai densitas nya semakin menurun. Semakin rendah konsentrasi di suhu yang berbeda maka semakin rendah pula nilai densitasnya. Lihat gambar IV. 2 berikut.



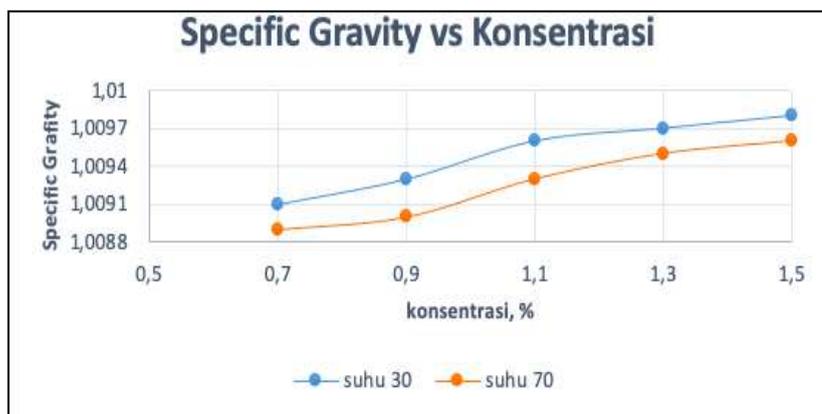
Gambar IV. 2 Konsentrasi terhadap Densitas pada Temperatur 30° C dan 70° C

Untuk nilai uji specific gravity dari beberapa konsentrasi surfaktan yang diuji dapat dilihat pada tabel IV. 6 dimana terlihat nilai dengan perubahan disetiap konsentrasi dengan suhu yang berbeda.

Tabel IV. 6 Nilai Uji Specific Gravity Konsentrasi Surfaktan Temperatur 30 dan 70° C

Konsentrasi, %	Specific Gravity	
	Temperatur 30° C	Temperatur 70° C
0,7	1,0091	1,0089
0,9	1,0093	1,009
1,1	1,0096	1,0093
1,3	1,0097	1,0095
1,5	1,0098	1,0096

Pada uji specific gravity terhadap konsentrasi surfaktan pada temperatur 30° C dan 70° C didapat bahwa semakin tinggi nilai konsentrasi maka semakin kecil nilai specific gravity yang diperoleh. Untuk pengaruh temperatur, semakin tinggi temperatur nilai specific gravity yang didapat semakin kecil. Dapat dilihat pada gambar IV. 3 berikut.



Gambar IV. 3 Konsentrasi Surfaktan terhadap Specific Gravity pada Temperatur 30° C dan 70° C

IV.3.3 Uji IFT (Tegangan Antarmuka) Konsentrasi Surfaktan

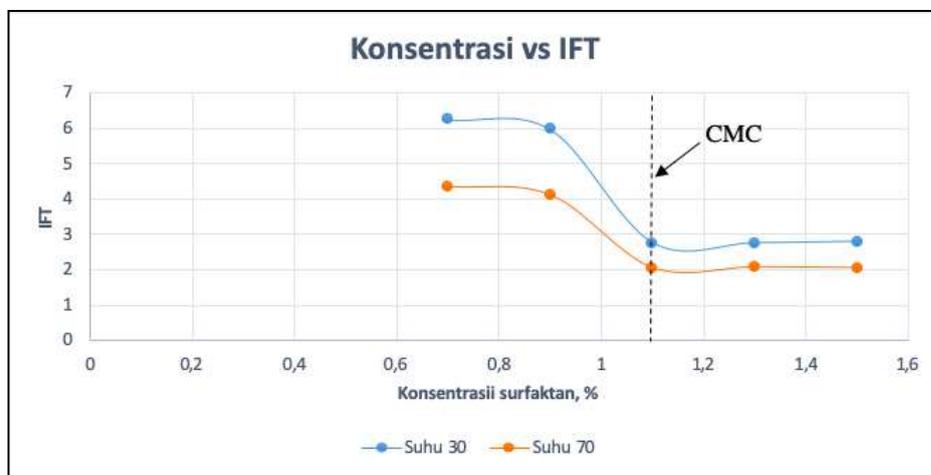
Pengujian IFT atau tegangan antarmuka dengan konsentrasi surfaktan 0,7; 0,9; 1,1; 1,3 dan 1,5% dilakukan dengan menggunakan alat *Tensiometer Du Nuoy* pada temperatur 30 dan 70 °C. Nilai IFT yang didapat merupakan nilai rata-rata IFT dari 5 kali pengukuran setiap konsentrasi. Pada tabel IV. 7 berikut merupakan hasil dari nilai IFT atau Tegangan Antarmuka pada temperatur 30° C dan 70° C.

Tabel IV. 7 Nilai IFT terhadap Konsentrasi Surfaktan dengan Temperatur 30° C dan 70° C

Konsentrasi, %	Tegangan Antarmuka (IFT), dyne/cm	
	Temperatur 30° C	Temperatur 70° C
0,7	6,26	4,36
0,9	5,98	4,12
1,1	2,76	2,06
1,3	2,76	2,06
1,5	2,76	2,06

Hasil nilai Tegangan Antarmuka (IFT) dari tiap-tiap konsentrasi menunjukkan penurunan disetiap kenaikan konsentrasi surfaktan, nilai konsentrasi surfaktan pada suhu rendah IFT akan lebih tinggi dibandingkan dengan suhu tinggi IFT akan turun pada tiap-tiap konsentrasi. Nilai tegangan antarmuka akan mengalami penurunan setiap kenaikan konsentrasi, sampai mencapai pada titik konsentrasi 1,1% nilai IFT akan konstan terhadap konsentrasi surfaktan walaupun konsentrasi

surfaktan ditambah. Hal itu disebut CMC (*Critical Micelle Concentration*) dimana pada konsentrasi tertentu dengan nilai IFT dan pengaruh Temperatur, nilai akan mencapai stabil. Lihat gambar IV.4 didapat nilai CMC atau kestabilan nilai berada pada konsentrasi 1,1% dan setelah konsentrasi 1,1% nilai mulai mengikuti kestabilannya yaitu pada konsentrasi 1,3 dan 1,5%.



Gambar IV. 4 Hasil Nilai CMC pada IFT terhadap Konsentrasi Surfaktan dan Temperatur

IV.4 Uji Sifat Fisik Batuan

Pada pengujian core sample, dilakukan perhitungan porositas core sampel dan permeabilitas core sampel. Untuk mengetahui apakah core sampel dapat dilakukan percobaan. Berikut merupakan hasil sifat fisik batuan :

IV.4.1 Pengukuran Permeabilitas

Pengukuran permeabilitas batuan menggunakan alat permeameter. Pada pengujian ini didapat nilai permeabilitas 121,82 mD, 209,34 mD, dan 215,73 mD.

IV.4.2 Pengukuran Porositas

Pada pengukuran porositas batuan dengan menggunakan alat helium porosimeter. Pada penentuan bulk volume batuan didapat dari rumus volume tabung. Dan juga, pada percobaan pengukuran data porositas yang dilakukan dengan menimbang berat kering batuan sampel dan berat basah batuan sampel untuk penentuan porositas absolut. Dari hasil percobaan porositas core sampel dari 3 core didapat hasil porositas baik. Besar kecilnya porositas pada batuan dapat menentukan berapa kemampuan untuk menyimpan fluida. Berikut merupakan hasil porositas dan permeabilitas pada batuan pada persamaan tabel IV. 8

Tabel IV. 8 Hasil Uji Sifat Batuan

Nama Sample	D	L	W	GV	BV	PV	Por	Perm	Por*	W*
	mm	mm	gr	cc	cc	cc	%	mD	%	gr
1	24,8	45,4	47,6	17,8	19,99	2,16	19,97	121,82	19,45	47,64
2	25,7	43,5	48,1	18,1	20,50	2,44	20,80	209,34	23,14	47,86
3	25,7	47,3	52,4	19,7	22,47	2,75	21,33	215,73	22,27	22,72

IV.5 Uji Core Flooding

Pengujian menggunakan brine bersalinitas tinggi yaitu 15.000 ppm dengan pemilihan konsentrasi larutan surfaktan ini berdasarkan hasil uji tegangan antarmuka fluida atau didapat dari nilai CMC (Critical Micelle Concentration) yang berada di konsentrasi 1,1; 1,3 dan 1,5% pada temperatur 30 °C dan 70 °C karena nilai tegangan antarmuka stabil dan tidak mengalami penurunan tegangan antarmuka meskipun ditingkatkan konsentrasi surfaktan. Pengujian core flooding dilakukan beberapa tahap, tahap pertama yaitu sebelum dilakukan pengujian core flooding contoh batuan dihitung berat kering nya, lalu disaturasi dengan brine water menggunakan desikator minimal 1 hari dan didapat nilai berat basah batuan. Hasil selisih berat basah dan berat kering dibagi dengan densitas brine didapat hasil *pore volume* (Vp). Hasil data laboratorium pada saturasi dengan brine menentukan volume pori yang di isi oleh air, terlihat pada tabel IV.9 dan IV.10 berikut.

Tabel IV. 9 Hasil core sample saturasi brine temperatur 70 °C

No Sampel	Berat kering	Berat basah	Densitas brine	Vp
	gr	gr	gr/cc	cc
1	47,65	52,22	0,988	3,61
2	48,11	51,84	0,988	3,78
3	52,44	56,34	0,988	3,95

Tabel IV. 10 Hasil core sample saturasi brine temperature 30 °C

No Sampel	Berat kering	Berat basah	Densitas brine	Vp
	gr	gr	gr/cc	cc
1	47,64	50,77	1,0064	3,11
2	47,86	51,68	1,0064	3,80
3	52,14	56,25	1,0064	4,04

Batuan yang sudah di saturasi dengan brine water dimasukkan ke core holder dan di saturasi dengan minyak, catat brine yang terproduksi, brine yang terproduksi sama dengan minyak yang masuk pada core mempresentasikan minyak yang tersimpan di dalam batuan (Voil) atau jumlah air yang terproduksi dari saturasi minyak merupakan volume minyak di dalam core (OOIP). Pada proses saturasi minyak didapat OOIP. Setelah saturasi minyak, dilakukan anging untuk memastikan core tetap pada suhu reservoir dan untuk suhu ruangan dilakukan aging diluar oven untuk menyesuaikan temperatur nya. Proses aging selesai lalu dilakukan waterflooding menggunakan core holder pada setaip core dengan brine salinitas tinggi 15.000 Ppm temperatur 30 dan 70 °C. Proses waterflooding, oil yang keluar dicatat sebagai RF1, proses injeksi kurang lebih selama 2 jam. Setelah dilakukan waterflooding selanjunya dilakukan injeksi surfaktan dengan konsentrasi saat nilai CMC stabil dengan temperatur 30 dan 70 °C, oil yang keluar saat injeksi surfaktan berlangsung dicatat sebagai RF2. Untuk lebih jelasnya mengenai saturasi dapat dilihat pada tabel IV.11 dan hasil RF dapat dilihat pada tabel IV.12 dan IV.13.

Tabel IV. 11 Hasil core sample saturasi minyak pada temperatur 30 dan 70 °C

Konsentrasi	Temperatur	Voil	OOIP	Swirr
%	°C	cc	cc	cc
1,1	30	3,1	3,1	0,71
1,3	30	2,7	2,7	1,09
1,5	30	2,4	2,4	0,98
1,1	70	3,5	3,5	0,57
1,3	70	3	3	0,73
1,5	70	3	3	0,40

IV.6 Hasil Injeksi Surfaktan

Injeksi surfaktan minyak jelantah pada temperatur 30 °C digunakan karena temperatur pada permukaan atau ruangan, dilakukan injeksi sebanyak 3 konsentrasi yaitu 1,1; 1,3 dan 1,5% dengan salinitas 15.000 ppm. Dari hasil injeksi surfaktan sebanyak 40 ml, di 10 ml minyak sudah tidak keluar. Didapat nilai *recovery factor* total tiap konsentrasi dengan temperatur pada 30° C dilihat dalam tabel IV.12 berikut.

Tabel IV. 12 Hasil *recovery factor* pada temperatur 30 °C

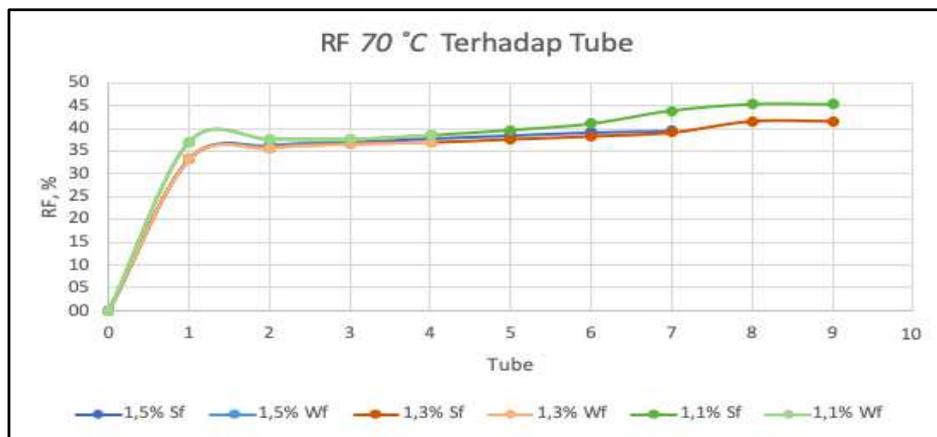
Konsentrasi, %	RF Brine, %	RF surfaktan, %	RF total, %
1,1	35	5	40
1,3	21	4	25
1,5	33	5	38

Selanjutnya, injeksi surfaktan minyak jelantah pada temperature 70 °C digunakan karena temperatur pada reservoir. Dilakukan injeksi sebanyak 3 konsentrasi yaitu 1,1; 1,3 dan 1,5% dengan salinitas 15.000 ppm. Dari hasil injeksi surfaktan sebanyak 40 ml, di 10 ml minyak sudah tidak keluar. Didapat nilai *recovery factor* total pada tabel IV.13 berikut.

Tabel IV. 13 Hasil *recovery factor* pada temperatur 70 °C

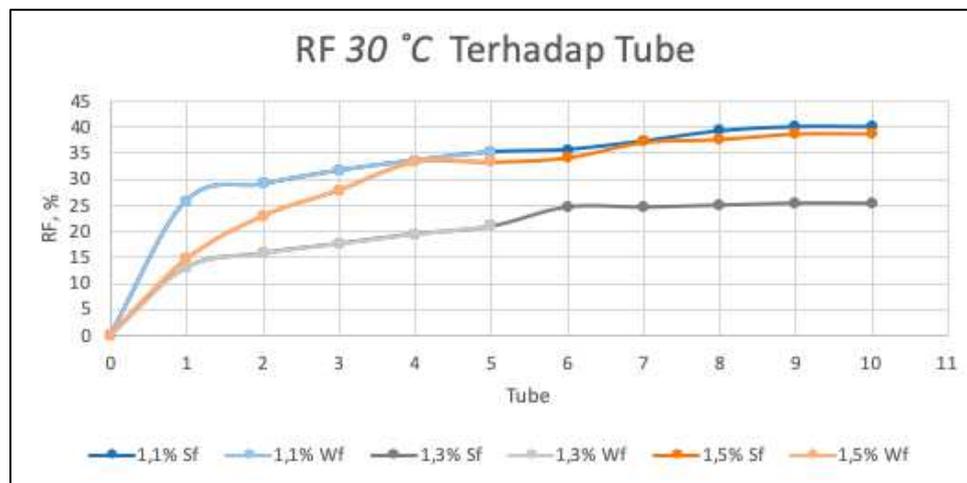
Konsentrasi, %	RF Brine, %	RF surfaktan, %	RF total, %
1,1	39	7	45
1,3	37	5	42
1,5	37	3	40

Hasil dari *recovery factor* brine dan surfaktan pada temperatur 30 °C dan 70 °C dapat dilihat pada gambar grafik IV.5 dan IV.6.



Gambar IV. 5 Grafik hasil *recovery factor* pada suhu 70 °C

Hasil dari grafik di atas dengan konsentrasi 1,1% dan salinitas 15.000 Ppm dapat dilihat bahwa pada saat waterfooding garis hijau muda didapat nilai RF sebesar 39% dan saat injeksi surfaktan dilakukan, terlihat garis hijau tua dimana terjadi kenaikan RF dari surfaktan sebesar 7%. Maka jika dilihat hasil dari RF total nya adalah 45% untuk konsentrasi 1,1%. Untuk konsentrasi 1,3% dan salinitas 15.000 Ppm dapat dilihat bahwa pada saat waterfooding garis orange muda didapat nilai RF sebesar 37% dan saat injeksi surfaktan, terlihat garis merah dimana terjadi kenaikan RF surfaktan sebesar 5%. Maka jika dilihat hasil dari RF total nya adalah 42%. Dan untuk konsentrasi 1,5% dengan salinitas 15.000 Ppm dapat dilihat bahwa pada saat waterfooding garis biru muda didapat nilai RF sebesar 37% dan saat injeksi surfaktan dilakukan, terlihat garis merah dimana terjadi kenaikan RF dari surfaktan sebesar 3%. Maka jika dilihat hasil dari RF total nya adalah 40%. Dari grafik terlihat kenaikan surfaktan pada salinitas tinggi 15.000 Ppm dengan konsentrasi berbeda terlihat bahwa RF total yang terbaik terdapat di konsentrasi 1,1% pada suhu 70 °C. Untuk hasil RF pada suhu 30 °C dalam gambar grafik, dapat dilihat pada gambar IV.6



Gambar IV. 6 Grafik hasil recovery factor pada suhu 30 °C

Hasil dari grafik di atas dengan konsentrasi 1,1% dan salinitas 15.000 Ppm dapat dilihat bahwa pada saat waterfooding garis biru muda didapat nilai RF sebesar 35% dan saat injeksi surfaktan dilakukan, terlihat garis biru tua dimana terjadi kenaikan RF dari surfaktan sebesar 5%. Maka jika dilihat hasil dari RF total nya adalah 40% untuk konsentrasi 1,1%. Untuk konsentrasi 1,3% dan salinitas 15.000 Ppm dapat dilihat bahwa pada saat waterfooding garis abu muda didapat nilai RF sebesar 21% dan saat injeksi surfaktan, terlihat garis abu tua dimana terjadi kenaikan RF surfaktan sebesar 4%. Maka jika dilihat hasil dari RF total nya adalah 25%. Dan untuk konsentrasi 1,5% dengan salinitas 15.000 Ppm dapat dilihat bahwa pada saat waterfooding garis orange muda didapat nilai RF sebesar 33% dan saat injeksi surfaktan dilakukan, terlihat garis orange tua dimana terjadi kenaikan RF

dari surfaktan sebesar 5%. Maka jika dilihat hasil dari RF total nya adalah 38%. Dari grafik terlihat kenaikan surfaktan pada salinitas tinggi 15.000 Ppm dengan konsentrasi berbeda terlihat bahwa RF total yang terbaik terdapat di konsentrasi 1,1% pada suhu 30 °C. Untuk nilai RF total dari seluruh konsentrasi surfaktan dengan suhu yang berbeda dan salinitas yang sama maka terlihat bahwa hasil terbaik ada pada titik CMC dimana pada konsentrasi 1,1%.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan data dan percobaan yang telah dilakukan di laboratorium EOR (Enhanced Oil Recovery) Gedung C lantai 2, Universitas Trisakti, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Minyak jelantah dapat dijadikan sebagai bahan dasar surfaktan dengan menggunakan bantuan aplikasi soapcalc.net. Soapcalc.net yaitu aplikasi standar yang biasa digunakan untuk membuat sabun. Jika ingin membuat surfaktan 33 % air dalam minyak , air yang digunakan sebanyak 66,33 gram, KOH sebanyak 38 gram, dan minyak jelantah sebanyak 201 gram.
2. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi surfaktan berbahan dasar minyak jelantah dalam perolehan recovery factor saat uji laboratorium yaitu: Adsorpsi surfaktan, konsentrasi surfaktan (konsentrasi yang digunakan pada titik CMC dan setelah titik CMC yang tidak berubah yaitu 1,1; 1,3 dan 1,5%), salinitas air formasi (pada salinitas 15.000 Ppm) dan suhu (suhu yang digunakan yaitu 30 dan 70°C dimana suhu terbaik ada pada suhu 70°C).
3. Hasil konsentrasi surfaktan 1,1; 1,3 dan 1,5% dengan salinitas 15.000 ppm, injeksi surfaktan terbaik pada suhu 30 °C terdapat pada konsentrasi 1,1% dengan total RF sebesar 40% dimana RF waterflooding sebesar 35% dan kenaikan RF surfaktan sebesar 5%. Dan untuk suhu 70°C terjadi pada konsentrasi 1,1% dengan RF waterflooding 38% dan surfaktan dengan kenaikan 7%, total RF pada konsentrasi 1,1% adalah 45%.

DAFTAR PUSTAKA

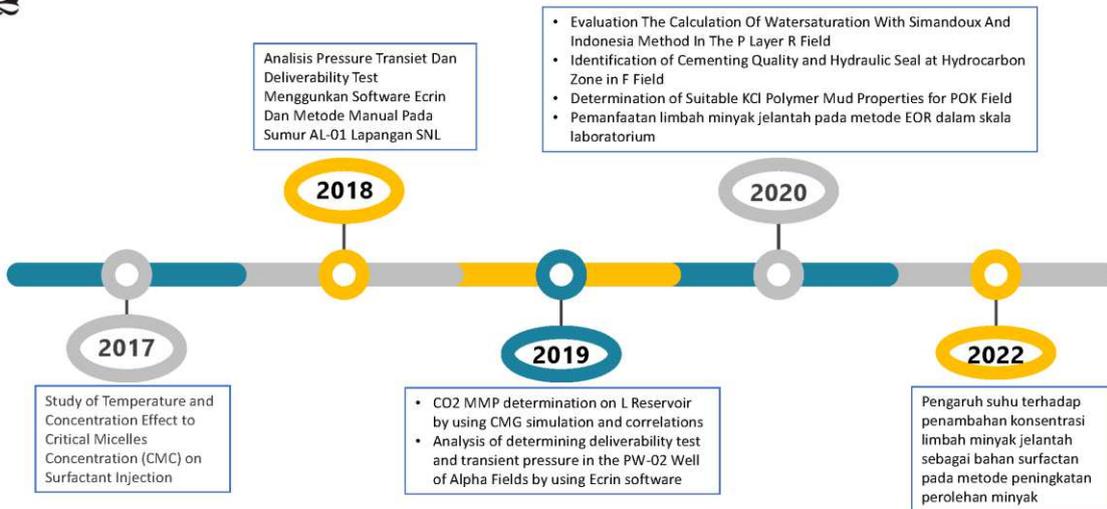
- Abdurrahman, M., & Permadi, A. K. (2016). Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi. *Teknologi Minyak Dan Gas Bumi*, 12(3)
- Ansyori, Muhammad Ridwan. 2018. Mengenal Enhanced Oil Recovery (EOR) Sebagai Solusi Meningkatkan Produksi Minyak. Swara Patra Majalah Ilmiah PPSDM Migas. Vol. 8 No. 2 (2018)
- B. P. Putra, and B. F. T. Kiono, "Mengenal Enhanced Oil Recovery (EOR) Sebagai Solusi Meningkatkan Produksi Minyak Indonesia," Jurnal Energi Baru dan Terbarukan, vol. 2, no. 2, pp. 84-100, Jul. 2021.
- Damanik, M., Kasmungin, S., & Sudibjo, R. (2018). Study Peningkatan Oil Recovery Pada Injeksi Surfaktan-Polimer Pada Batuan Karbonat. *Penelitian Dan Karya Ilmiah*, 3(1), 27. <https://doi.org/10.25105/pdk.v3i1,2480>
- Kasmungin, S., & Hartono, K. F. (2018). Konsentrasi Rendah. VI (2), 66–70.
- Kesuma, W. P., & Kamungin, S. (2015). Studi Laboratorium Pengaruh Konsentrasi Surfaktan terhadap Peningkatan Perolehan Minyak. Seminar Nasional Cendikawan, ISBN: 2460, 569–575.
- Lala, O., Badilo, I. A., Gintu, A. R., & Hastuti, D. K. A. K. (2012). Surfaktan yang Biodegradabledari Minyak Goreng Bekas. Seminar Nasional Sains Dan Pendidikan Sains VII UKSW, 2006–2008. Retrieved from http://repository.uksw.edu/bitstream/123456789/3073/2/PROS_Olkelala%2C Agung RG%2C Istari B%2C Dewi KH_ Surfaktan yang Biodegradable_Full text.pdf
- Makky, H., & Kasmungin, S. (2019). Peningkatan Perolehan Minyak Dengan Optimalisasi Proyek Cyclic Steam Stimulation Menggunakan Metode Simulasi Reservoir Di Lapangan-X, Sentral Sumatera. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Hardianti., Kasmungin, Sugiatmo. Pramadika, Havidh., Suryati, Eti. Suhadi, Tommy Rinanto., dan Yulianti, Yunita. (2019) : Pengaruh Salinitas Optimum Terhadap Surfaktan pada Lapangan X, Seminar Nasional Pakar ke 2.
- Mulia, Prayang Sunny. Kasmungin, Sugiatmo., dan Fathaddin, M Taufiq. (2017): Kajian Laboratorium Mengenai Pengaruh Salinitas, Jenis Surfaktan dan Konsentrasi Surfaktan Terhadap Recovery Factor Dalam Sistem Injeksi Surfaktan Untuk Batuan Karbonat, Seminar Nasional Cendekiawan ke 3.

- Woe, Kevin. (2019): “Studi Karakteristik Larutan Surfaktan Minyak Sawit dan Surfaktan-Polimer pada Lapangan Sumatera Selatan”. Jakarta: Universitas Trisakti.
- Veronika, Cynthia. (2018): “Kajian Laboratorium Pengaruh Salinitas Permeabilitas dan Konsentrasi Surfaktan Terhadap Recovery Factor pada Proses Injeksi Surfaktan”. Jakarta: Universitas Trisakti

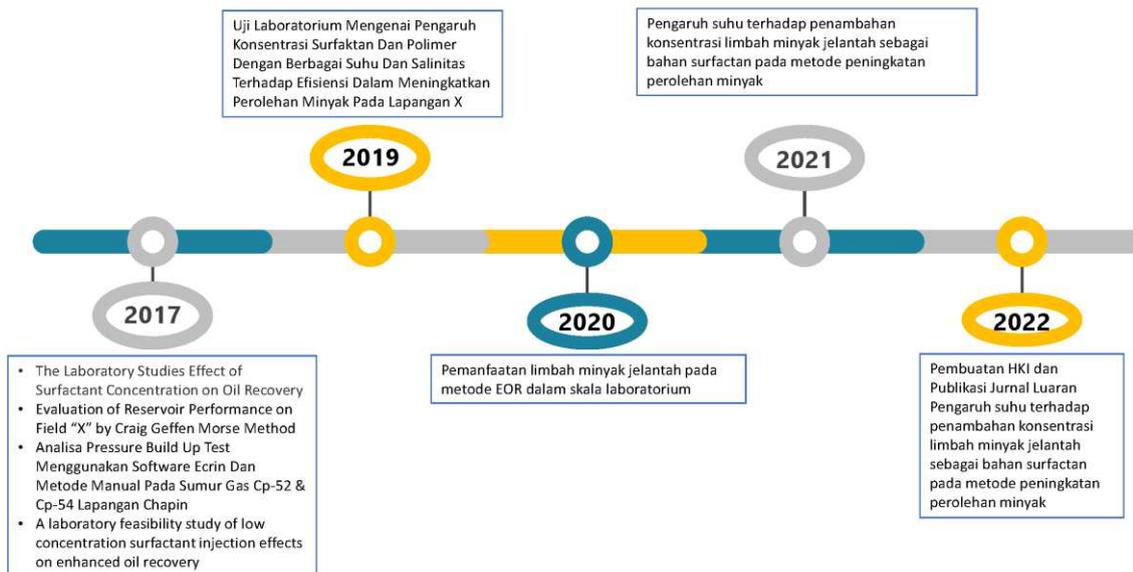
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN



PETA JALAN PENELITIAN (Puri Wijayanti, ST, MT)



PETA JALAN PENELITIAN (Ir. Pauhesti, MT)

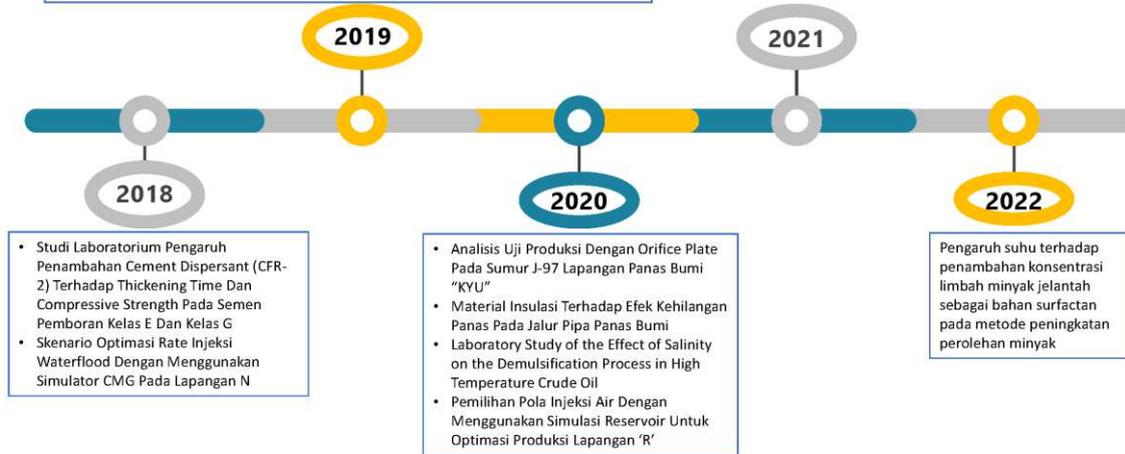




PETA JALAN PENELITIAN (Samsol, ST, MT)

- Kajian Rentang Batas Kewajaran Utilisasi Produksi Kilang Minyak Indonesia
- Studi Laboratorium Pemilihan Additif Penstabil Shale Di Dalam Sistem Lumpur Kcl-polimer Pada Temperatur Tinggi
- Optimasi Produksi Sumur Ec-6 dengan Membandingkan Pengangkatan Buatan Gas Lift dan Electric Submersible Pump
- Pengaruh Scale terhadap Produktivitas pada Sumur Bn-52, Bn-104, dan Bn-110 di Lapangan "X"
- Application of pressure build up analysis for reservoir oil
- The effect of addition of polymer on viscosity as fluid of industrial oil and gas injection in EOR method
- Comparison of methods for calculating gas reserves in providing certainty of reserves in the oil and gas industry
- Forecast gas well production performance with well test analysis for oil and gas industry
- The effect of drilling mud on hole cleaning in oil and gas industry

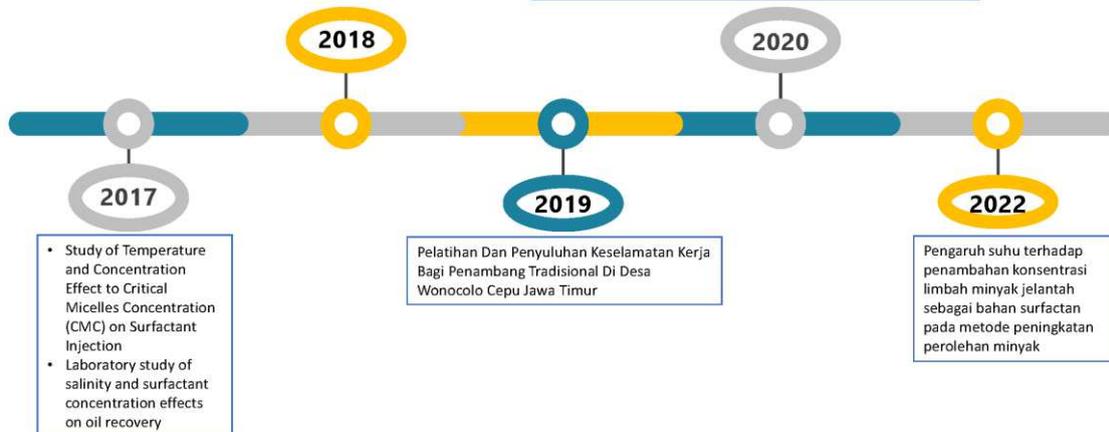
Effect of Heterogeneity of Reservoir Properties on Sandstone Formations in Oil Recovery



PETA JALAN PENELITIAN (Widia Yanti, SSI, MT)

- Penentuan Parameter Reservoir Geothermal Pada Sumu C Lapangan K Menggunakan PTS Survey Dan GPT
- Pengaruh Penambahan Garam NaCl pada Lumpur Pemboran Berbagai Temperatur

- Analisis Uji Produksi Dengan Orifice Plate Pada Sumur J-97 Lapangan Panas Bumi "KYU"
- Analisis Kondisi Reservoir Panas Bumi Dengan Menggunakan Data Geokimia Dan Monitoring Produksi Sumur ELS-02 Lapangan Elsa
- Studi Simulasi Reservoir Untuk Menentukan Pola Injeksi Sumur Yang Sesuai Pada Lapangan X



LAMPIRAN 2. LUARAN PENELITIAN

LUARAN 1 :

Kategori Luaran : Publikasi di Conference Series Bereputasi

Status : Submitted

Tingkat Forum Ilmiah : Internasional

Nama Conference : International Conference on Social Science and Humanities (ICSSH-22)

Lembaga Penyelenggara : Institute for Technical and Academic Research

Tempat Penyelenggaraan : Jakarta

Tanggal Penyelenggaraan : 08/07/2022 - 08/07/2022

Lembaga Pengindek : DOI Reseach

Url Website Conference : <https://itar.in/conf/submit.php?id=1582683>

Judul Artikel : Analysis of Temperature and Addition Effect of High Concentration Waste Oil Surfactants on The Increase Of Oil Recovery Factors

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Puri Wijayanti, ST, MT (First Author)
2. Ir. Pauhesti, MT (Other Author)
3. samsol., ST., MT (Other Author)
4. Widia Yanti, SSi, MT (Other Author)
5. Tia Agusta (Other Author)
6. Rizka Nada Setyani (Other Author)

LUARAN 2 :

Kategori Luaran : Hak Kekayaan Intelektual

Status : Tercatat/Tersedia

Jenis HKI : Hak Cipta

Nama HKI : Studi Awal Peningkatan Perolehan Minyak menggunakan Surfaktan dari Limbah Minyak Jelantah dengan Varian Konsentrasi dan Suhu Skala Laboratorium

No. Pendaftaran : EC00202228121

Tanggal Pendaftaran : 2022-04-27

No. Pencatatan : 000343625

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Puri Wijayanti, ST, MT
2. Ir. Pauhesti, MT
3. samsol., ST., MT
4. Widia Yanti, SSi, MT
5. Tia Agusta
6. Rizka Nada Setyani

LUARAN 3 :

Kategori Luaran : Publikasi di Jurnal

Status : Submitted

Jenis Publikasi Jurnal : Nasional Terakreditasi

Nama Jurnal : Journal of Earth Energy Science, Engineering, and Technology (JEESET)

ISSN : 2615-3653

EISSN : 2614-0268

Lembaga Pengindek : Sinta 4

Url Jurnal : <https://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/index.php/jeeset/index>

**Judul Artikel : ANALISIS PENINGKATAN FAKTOR PEROLEHAN MINYAK DENGAN
PENAMBAHAN SURFAKTAN MINYAK JELANTAH BERKONSENTRASI TINGGI**

Penulis (Tim Peneliti) :

1. Puri Wijayanti, ST, MT (First Author)
2. Ir. Pauhesti, MT (Other Author)
3. samsol., ST., MT (Other Author)
4. Widia Yanti, SSi, MT (Other Author)
5. Tia Agusta (Other Author)
6. Rizka Nada Setyani (Other Author)