

**UJI LABORATORIUM PEMILIHAN SURFAKTAN POLIMER
TAHAP EOR UNTUK MENINGKATKAN PEROLEHAN
MINYAK LAPANGAN X**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

M. FARID HERMIZA

153210727



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun

oleh

Nama : M. Farid Hermiza

NPM : 153210727

Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Skripsi : Uji Laboratorium Pemilihan Surfaktan
Polimer Tahap EOR untuk Meningkatkan
Perolehan Minyak Lapangan X

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Tomi Erfando.,ST.,MT.

Penguji I : Novia Rita., ST., MT.

Penguji II : Neneng Purnamawati S. T., M. Eng

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal :

Disahkan Oleh:

KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN


Novia Rita, S.T., M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya sendiri dan semua sumber yang tercantum didalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh.

Pekanbaru, Agustus 2022

M. Farid Hermiza
NPM : 153210727



KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada ALLAH SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendukung saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Tomi Erfando, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang sudah memberikan waktu dan saran untuk memberikan bimbingan maupun arahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Novia Rita S.T., M.T dan Ibu Neneng Purnamawati S.T., M.Eng selaku dosen penguji pada saat seminar proposal yang telah memberikan kritik yang sangat membangun kepada saya agar penulisan tugas akhir ini menjadi lebih baik.
3. Kedua orang tua, yaitu Bapak Afrizal dan Ibu Masturah yang selalu memberi dukungan moril maupun materil selama saya menjalani perkuliahan hingga saat ini.
4. Ibu Eni selaku Kepala Laboratorium EOR Lemigas pada saat saya melakukan penelitian yang sudah memberikan pengarahan dan masukan selama saya melakukan penelitian.
5. Mas Bayu Dedi S.T., M.T sebagai pembimbing saya di Laboratorium EOR Lemigas yang membantu pengerjaan tugas akhir dan pengelolaan data dan memberikan ilmu lapangan sebagai aplikasi metode yang saya bahas.

Pekanbaru, Agustus 2022

DAFTAR SIMBOL

H	: Polimer Jenis HPAM
N	: Surfaktan Jenis Nonionik
NA	: Surfaktan Jenis Nonionik + Anionik
M	: Mobility Ratio
K	: Permeabilitas
P	: Porositas
°C	: Derajat Celcius
%	: Persen



DAFTAR SINGKATAN



API	: <i>American Petroleum Institute.</i>
ASP	: Alkaline-Surfactant-Polymer.
BOPD	: <i>Barrel Oil per Day.</i>
dP	: <i>Differential Pressure.</i>
EOR	: <i>Enhanced Oil Recovery.</i>
HC	: <i>Hydrocarbon.</i>
HPAM	: <i>Hydrolyzed Polyacrylamide.</i>
IFT	: <i>Interfacial Tension.</i>
IOIP	: <i>Initial Oil in Place.</i>
PPTMGB	: Pusat Penelitian Pengembangan Teknologi Minyak Dan Gas Bumi.
PV	: <i>Pore Volume.</i>
RF	: <i>Recovery Factor .</i>
RRF	: <i>Residual Resistance Factor .</i>
SP	: Surfactant Polymer.
STBO	: <i>Stock Tank Barrel Oil.</i>

UJI LABORATORIUM PEMILIHAN SURFAKTAN POLIMER TAHAP EOR UNTUK MENINGKATKAN PEROLEHAN MINYAK LAPANGAN X

M. FARID HERMIZA

153210727

ABSTRAK

Lapangan X pada saat ini mempunyai cadangan minyak yang masih besar yaitu sekitar 251,67 juta STBO. Metode *Enhanced Oil Recovery* (EOR) diterapkan karena dapat meningkatkan jumlah produksi minyak lapangan X sampai lebih dari 20% dari jumlah cadangan minyak. Metode ini diuji coba dalam skala laboratorium terlebih dahulu sebelum diterapkan di lapangan. Cara yang dapat digunakan dalam skala laboratorium yaitu dengan melakukan *screening* surfaktan polimer untuk metode EOR berdasarkan karakteristik fluida dan jenis *reservoir*. Adapun surfaktan yang digunakan yaitu sintesis surfaktan nonionik yang bersumber dari minyak nabati, dan surfaktan anionic. Polimer yang digunakan jenis polimer *hydrolized polyacrilamide* (HPAM). Dilakukannya uji coba di laboratorium ini bertujuan untuk mencari komposisi surfaktan polimer yang optimal agar minyak yang masih berada di dalam *reservoir* dapat diproduksi dengan maksimal. Adapun *screening* yang dilakukan yaitu uji kompatibilitas, uji IFT, uji viskositas vs *shear rate*, uji filtrasi, uji *thermal stability*, uji *phase behavior*, uji adsorpsi, dan yang terakhir uji *coreflooding*. Desain uji *coreflooding* dilakukan dengan berbagai tahapan. Tahap Tahap pertama yaitu penginjeksian air. Tahap kedua menginjeksikan surfaktan polimer. Tahap ketiga injeksi polimer. Tahap keempat penginjeksian air lagi. Dari hasil uji *coreflooding* diketahui hasil perolehan minyak kumulatif terbesar sekitar 93,75 % IOIP.

Kata kunci : *Screening*, injeksi surfaktan polimer, *coreflooding*

**LABORATORY TEST SELECTION OF SURFACTANT
POLYMER EOR STAGE TO INCREASE OIL RECOVERY IN
FIELD X**

M. FARID HERMIZA

153210727

ABSTRACT

Field X currently has large oil reserves around 251.67 million STBO. The Enhanced Oil Recovery (EOR) method is applied because it can increase the amount of oil production in field X to more than 20% of the total oil reserves. This method was tested on a laboratory scale before being applied in the field. The method can be used on a laboratory scale is by screening polymer surfactants for the EOR method based on fluid characteristics and reservoir type. The surfactants used are the synthesis of nonionic surfactants sourced from palm oils, and anionic surfactants. The polymer used was a hydrolized polyacrylamide (HPAM) polymer. The purpose of this experiment in the laboratory is to find the optimal composition of polymer surfactants, so the oil that is still in the reservoir can be produced optimally. The screening that we can do such as IFT test, viscosity vs shear rate test, filtration test, thermal stability test, phase behavior test, adsorption test, and the last is the coreflooding test. The coreflooding test design was carried out in various stages. The first stage is water injection. The second step is to inject the surfactant polymer. The third stage is polymer injection. The fourth stage is injection of water again. From the results of the coreflooding test, it is known that the largest oil production yield is around 93.75% IOIP.

Keywords : *Screening, surfactant polymer injection, coreflooding*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR SIMBOL	iv
DAFTAR SINGKATAN.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
BAB II KAJIAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Enhanced Oil Recovery</i> (EOR)	4
2.2 Injeksi Surfaktan Polimer	4
2.3 <i>State of the Art</i>	6
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	9
3.1 Uraian Metode Penelitian	9
3.2 <i>Overview</i> dan Karakter Lapangan	9
3.3 Alat dan Bahan	10

3.3.1	Alat.....	10
3.3.2	Bahan.....	12
3.4	Prosedur Penelitian.....	13
3.4.1	Pembuatan Larutan Surfaktan Polimer	13
3.4.2	Pengukuran Densitas	14
3.4.3	Pengujian Kompatibilitas Larutan.....	14
3.4.4	Pengujian <i>Inter Facial Tension</i> (IFT) dan <i>Critical Micelle Concetration</i> (CMC).....	15
3.4.5	Pengujian Viskositas vs <i>Shear Rate</i>	15
3.4.6	Pengujian Filtrasi	16
3.4.7	Pengujian <i>Thermal Stability</i>	16
3.4.8	Pengujian <i>Phase Behaviour</i>	17
3.4.9	Pengujian Adsorpsi	17
3.4.10	Pengujian <i>Coreflooding</i>	18
3.5	Jadwal Penelitian.....	19
3.6	Alur penelitian (<i>flowchart</i>).....	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		21
4.1	Pembuatan Larutan Surfaktan Polimer.....	21
4.2	Pengukuran Densitas	23
4.3	Uji Kompatibilitas	23
4.4	Uji IFT (<i>Inter Facial Tension</i>)	24
4.5	Viskositas vs <i>Shear Rate</i>	26
4.6	Uji Filtrasi.....	27
4.7	Uji <i>Thermal Stability</i>	29
4.8	Uji <i>Phase Behaviour</i>	30
4.9	Uji Adsorpsi	30

4.10	Uji <i>Coreflooding</i>	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		36
5.1	Kesimpulan.....	36
5.2	Saran	36
DAFTAR PUSTAKA		37
LAMPIRAN.....		40



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Timbangan digital	11
Gambar 3.2 Alat Uji IFT	11
Gambar 3.3 Alat Uji Filtrasi	11
Gambar 3.4 Alat Uji Shear Rate	12
Gambar 3.5 Oven.....	12
Gambar 3.6 Alat Uji Coreflooding	12
Gambar 3.7 Bahan	13
Gambar 3.8 Flowchart	20
Gambar 4.1 Grafik Viscositas	25
Gambar 4.2 Grafik Uji IFT	25
Gambar 4.3 Grafik Uji Viscositas vs Shear Rate	27
Gambar 4.4 Grafik uji Filtrasi	28
Gambar 4.5 Grafik Uji Adsorpsi Surfaktan.....	31
Gambar 4.6 Grafik Uji Adsorpsi Polimer.....	32
Gambar 4.7 Grafik Uji Coreflood surfaktan N.....	33
Gambar 4.8 Grafik Uji Coreflood Surfaktan NA	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kriteria Injeksi Surfaktan Polimer	5
Tabel 3.1 Karakteristik fluida dan batuan reservoir	9
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian.....	19
Tabel 4.1 Hasil Uji Densitas.....	23
Tabel 4.2 Hasil Uji Densitas.....	24
Tabel 4.3 Hasil Uji Visc vs IFT	24
Tabel 4.4 Hasil Uji Shear Rate	26
Tabel 4.5 Hasil Uji Filtrasi	28
Tabel 4.6 Hasil Uji Thermal Stability	29
Tabel 4.7 Hasil Uji Phase Behaviour	30
Tabel 4.8 Hasil Uji Adsorpsi Surfaktan	31
Tabel 4.9 Hasil Uji Adsorpsi Polimer	32
Tabel 4.10 Hasil Uji Coreflooding Surfaktan N.....	33
Tabel 4.11 Hasil Uji Coreflooding Surfaktan NA.....	35

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lapangan X terletak di 60 km di sebelah barat Prabumulih, Sumatera Selatan. Lapangan ini merupakan bagian dari area lapangan pengembangan migas yang dikelola Asset 2 PT. Pertamina EP. Luas lapangan ini $\pm 20 \text{ km}^2$ berarah *North West-South East* dengan produksi hidrokarbon utama adalah minyak. Saat ini produksi minyak perhari sekitar 865 BOPD, dengan injeksi air sebesar 15.424 BWPD. *Original Oil In Place* (OOIP) lapangan X sebesar 251,67 juta *stock tank barrel oil* (STBO) dan kumulatif produksi sebesar 60,93 juta *barrel* STBO (RF sebesar 24.2% dari OOIP). Dikarenakan cadangan minyak yang masih banyak dan produksi mulai menurun, lapangan X berpotensi untuk menjadi kandidat penerapan metode *Enhanced Oil Recovery* (EOR) dengan injeksi *chemical* surfaktan polimer.

Menurut penelitian dari (Qi et al., 2018), mereka melakukan studi dan menemukan bahwa surfaktan polimer ini metode yang efektif untuk meningkatkan perolehan minyak paling sedikit sebesar 80% dari jumlah injeksi jika dapat mempertahankan penyapuan yang seragam. Kombinasi surfaktan polimer ini mempunyai fungsi, yaitu surfaktan berfungsi sebagai *displacement* dan polimer berfungsi sebagai penyapuan yang terjadi di pori-pori batuan. Campuran surfaktan polimer digunakan untuk meningkatkan perolehan minyak dengan mengurangi tegangan antar muka antara minyak dan air dan meningkatkan viskositas fluida yang diinjeksikan (Bera et al., 2020). Surfaktan utama yang digunakan pada uji laboratorium ini termasuk kedalam sintesis surfaktan nonionik turunan dari minyak kelapa sawit. Sintesis surfaktan ini selain bisa diproduksi sendiri, juga berhasil menurunkan tegangan antar muka atau IFT yang relatif besar.

Sintesis surfaktan nonionik dilakukan melalui penggabungan unit hidrofob yang berasal dari minyak sawit dengan unit hidrofil berupa *polietilenglikol* (PEG). Menurut (Meliana et al., 2016), penggunaan surfaktan dari minyak kelapa sawit ini memiliki beberapa keunggulan, yaitu surfaktan ini bersifat alami, termasuk sumber

daya alam yang dapat diperbaharui dan mempunyai sifat *biodegradable* yang sangat tinggi. Polimer yang digunakan di penelitian ini termasuk kedalam polimer HPAM. Polimer HPAM banyak dipakai karena mempunyai sifat viskositas yang bagus, karakteristik *chemical* yang sudah dikenal sangat baik, dan harga yang relatif murah (Abidin et al., 2012). Jenis polimer ini juga sudah terbukti dan sukses diterapkan di lapangan *Pelican Lake* (Delamaide et al., 2014).

Surfaktan polimer yang sesuai untuk diinjeksikan kedalam *reservoir* harus melalui beberapa pengujian. Seperti uji kompatibilitas, uji IFT, uji *visc vs shear rate*, uji filtrasi, uji *thermal stability*, uji *phase behaviour*, uji adsorpsi dan uji *coreflooding*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui *screening chemical* surfaktan polimer yang akan digunakan pada lapangan X.
2. Mengetahui nilai *recovery factor* jika diinjeksikan surfaktan polimer.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat kita ambil dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan pengetahuan dan pemahaman tentang *screening* surfaktan polimer sebagai upaya untuk meningkatkan produksi minyak suatu lapangan serta pengembangan ilmu dalam perminyakan.
2. Dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa lainnya untuk melakukan penelitian selanjutnya.
3. Dapat sebagai acuan untuk perusahaan dalam *screening test* surfaktan polimer dan aplikasi metode injeksi surfaktan polimer pada lapangan X.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian penelitian ini terarah dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian yang tertera, maka dalam penelitian ini memiliki batasan yaitu :

1. Penelitian ini melakukan *screening* surfaktan polimer dengan melakukan uji kompatibilitas, uji *Inter Facial Tension* (IFT), uji viskositas vs *shear rate*, uji *phase behaviour*, uji *thermal stability*, uji filtrasi, uji adsorpsi, dan uji *coreflooding*.
2. Penelitian ini menggunakan surfaktan N jenis surfaktan nonionik, co-surfaktan anionik, surfaktan NA yaitu campuran surfaktan nonionic dengan anionic, polimer HPAM jenis H, air injeksi lapangan X, dan minyak lapangan X.



BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 *Enhanced Oil Recovery* (EOR)

Produksi minyak bumi terbagi menjadi tiga langkah utama, yaitu *primary recovery*, *secondary recovery*, dan *tertiary recovery*. *Primary recovery* adalah tahap produksi minyak bumi dengan tenaga alami *reservoir* itu sendiri yang mampu mendorong minyak keatas. Seiring berjalannya waktu, tenaga alami *reservoir* tersebut akan menurun maka dilakukan tahap *secondary recovery* yaitu *waterflood*. Jika kedua tahap tersebut sudah dilakukan tetapi produksi masih menurun dan masih belum ekonomis maka dilakukan langkah ketiga yaitu *tertiary recovery* atau disebut *enhanced oil recovery* (EOR). Banyaknya cadangan minyak yang tertinggal di *reservoir* setelah tahap *primary recovery* dan *secondary recovery* adalah alasan utama untuk mengembangkan metode EOR (Abdurrahman, 2017).

Salah satu metode EOR yang terbukti efektif untuk meningkatkan *recovery factor* adalah injeksi kimia. Menurut (Wijayanti et al., 2019), injeksi kimia merupakan metode yang memiliki prospek yang sangat bagus, dengan *reservoir* yang telah sukses diinjeksi air dengan jumlah cadangan minyak yang masih ekonomis. Injeksi kimia ini diaplikasikan dengan cara menambahkan zat-zat kimia ke dalam air injeksi untuk menaikkan perolehan minyak sehingga akan menaikkan efisiensi penyapuan dan menurunkan saturasi minyak dalam *reservoir* (Putra & Kiono, 2021). Zat kimia yang sering digunakan dalam injeksi kimia yaitu surfaktan, polimer, alkalin. Agar efisiensi pendesakan volumetrik dapat lebih meningkat, injeksi surfaktan biasanya diikuti dengan injeksi polimer. Hal ini disebut oleh (Usman, 2011) sebagai injeksi misel-polimer atau surfaktan-polimer.

2.2 Injeksi Surfaktan Polimer

Injeksi kimia juga bisa dikombinasi antara injeksi surfaktan dan injeksi polimer atau yang lebih dikenal dengan nama *Micellar-Polymer Flooding*. Injeksi Polimer

meliputi penambahan bahan pengental (*thickening agent*) berupa polimer ke dalam air injeksi untuk meningkatkan viskositasnya dan dapat meningkatkan efisiensi penyapuan karena memperbaiki perbandingan mobilitas minyak-air. Proses injeksi surfaktan-polimer (SP) melibatkan pergerakan aliran surfaktan-polimer diikuti larutan *buffer* polimer dan diikuti injeksi air setelahnya (Cheraghian & Hendraningrat, 2016). Menurut (Ansyori, 2018) penerapan screening kriteria injeksi surfaktan polimer dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Kriteria Injeksi Surfaktan Polimer

Jenis Injeksi	Polimer	Surfaktan
Batuan <i>Reservoir</i>	<i>Sandstone</i>	<i>Sandstone</i>
Temperatur (°F)	< 200 <i>Polyacrylamide</i> <160 <i>Xanthan gum</i>	Tidak spesifik
Mobilitas <i>oil-water</i> (Mow)	5-40	Tidak spesifik
Porositas (%)	18-20	16-18
Permabilitas (mD)	Tidak spesifik	<250
Ketebalan lapisan (ft)	15 - 400	>10
Kedalaman (ft)	300 - 5000	>300
Saturasi minyak (%)	>10	>20
<i>Oil Gravity</i> (°API)	<36	>25
Viskositas minyak (cp)	<200	
Kekhususan	Heterogenitas batuan sedang	Salinitas air formasi <200.000 ppm

Injeksi surfaktan bertujuan untuk menurunkan tegangan antar muka dan mendesak minyak hanya dengan menggunakan pendorong air sehingga menaikkan efisiensi pendesakan didalam pori batuan. Hasilnya minyak yang awalnya dalam kondisi *immobile* menjadi *mobile*. Larutan surfaktan mengurangi IFT antara air dan *crude oil* dengan karakteristik *crude oil* tertentu, melarutkan *interfacial films*, dan menyebabkan emulsifikasi (Cheraghian & Hendraningrat, 2016). Jenis surfaktan yang banyak digunakan dalam aplikasi EOR adalah jenis surfaktan anionic. Surfaktan anionik umumnya diproduksi secara besar-besaran pada industri *detergen*. Surfaktan jenis anionik banyak digunakan pada metode *Enhanced Oil Recovery* (EOR) karena surfaktan jenis ini memiliki kestabilan dan harga yang murah.

Karakteristik dari polimer dapat meningkatkan viskositas fluida sehingga dapat berperan dalam mendorong dan mendesak minyak agar penyapuan lebih optimal. Injeksi dengan polimer ini sering digunakan karena aplikasinya di lapangan lebih mudah dan perolehan minyak lebih besar. Larutan polimer meningkatkan perolehan minyak dengan mengurangi permeabilitas terhadap air di *reservoir* (Raffa et al., 2016). HPAM adalah polimer yang paling banyak digunakan dalam aplikasi EOR. Dalam kondisi viskositas atau kondisi tertentu HPAM telah terbukti lebih banyak memproduksi minyak dalam jumlah yang lebih besar. Polimer ini juga memiliki harga yang lebih murah dibandingkan polimer lainnya. Polimer HPAM menyerap sangat kuat pada permukaan yang mengandung mineral.

2.3 State of the Art

Penelitian oleh (Prasojo & Kasmungin, 2017) yang membahas tentang Pengaruh Konsentrasi Surfaktan dan Permeabilitas pada Batuan *Sandstone* terhadap Perolehan Minyak dalam Proses Imbibisi. Penelitian ini mengkaji tentang pengukuran densitas, viskositas, IFT dan imbibisi yang diuji dengan beberapa sampel alkalin-surfaktan-polimer di variasi temperatur 30°C dan 80°C. Dari pengujian itu didapat densitas larutan pada temperatur 30°C lebih tinggi dari temperature 80°C. Hal ini dapat diketahui bahwa peningkatan temperatur dapat menurunkan densitas surfaktan dan dapat menurunkan viskositas surfakan.

Penambahan konsentrasi surfaktan dapat menurunkan nilai IFT hingga titik CMC, setelah titik CMC tercapai nilai IFT akan konstan. Untuk uji imbibisi yang dilakukan pada sampel hasilnya tidak cukup baik. Hal ini dikarenakan adanya *clay* yang mengembang sehingga menurunkan porositas dan permeabilitas *core*.

Penelitian oleh (Utami et al., 2019) yang membahas tentang Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Terhadap Pada Lapangan di Sumatera Selatan. Penulis melakukan studi *screening* surfaktan yang cocok untuk lapangan di Sumatera Selatan. Penulis menggunakan surfaktan SX1 L2 dan surfaktan P. Adapun konsentrasi yang diuji setiap surfaktan yaitu 0,1%, 0,3%, 0,5% dan 1%. Dari hasil pengukuran IFT pada surfaktan SX1 L2 dan P, bahwa yang mendekati 10^{-3} dyne/cm yaitu pada SX1 L2 pada konsentrasi 1% yaitu nilai IFT-nya $1,66 \times 10^{-3}$ dan pada di konsentrasi 1% yang nilai IFT-nya $1,5 \times 10^{-3}$. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa jika konsentrasi surfaktan besar maka tegangan antarmuka akan semakin kecil, sehingga dapat digunakan untuk melakukan injeksi kimia ke *reservoir*.

Penelitian oleh (Rivai et al., 2011) membahas tentang Penentuan Kondisi Proses Produksi Surfaktan MES untuk Aplikasi EOR pada Batuan Karbonat. Penulis melakukan penelitian dimulai dari penyiapan bahan baku *metil ester* dari *olein* minyak sawit, penentuan lama proses sulfonasi *metil ester olein* menggunakan reaktor STFR sistem kontinyu dan reaktan gas SO_3 dengan melakukan sampling setiap 60 menit, dan pengaruh penambahan *methanol* pada proses pemurnian surfaktan. Hasil pengujian yang didapat waktu sulfonasi membuat surfaktan MES terbaik terdapat di jam ke 3 dan ke 4. Parameter tegangan antarmuka MES dan bilangan iod pada sulfonasi 3 dan 4 jam menghasilkan nilai lebih rendah dibanding waktu lainnya. Nilai IFT MES sekitar 10^{-2} dyne/cm dengan uji menggunakan air formasi dan minyak dari *reservoir* batuan karbonat, sehingga surfaktan MES diaplikasikan pada EOR memiliki peluang besar.

Penelitian oleh (Kesuma & Kasmungin, 2015) membahas tentang Studi Laboratorium Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Terhadap Peningkatan Perolehan Minyak. Dilakukan untuk mengetahui untuk peningkatan *recovery factor* yang

paling optimal di konsentrasi surfaktan berapa. Pertama melakukan pengukuran sifat fisik dari setiap larutan yang digunakan. Sifat fisik yang diukur adalah viskositas, tegangan permukaan, dan densitas. Densitas tertinggi yaitu 1,067 gram/cc pada konsentrasi 0,8% dan densitas terendah yaitu 1,007 gram/cc pada konsentrasi 0,05%. Nilai viskositas tertinggi 1,287 cp di konsentrasi 0,8% dan viskositas terendah yaitu 0,693 cp terdapat pada konsentrasi 0,05%. Tegangan permukaan tertinggi yaitu 38,5 dyne/cm terdapat pada konsentrasi 0,05% sedangkan tegangan permukaan terendah yaitu 35 dyne/cm terdapat pada konsentrasi 0,8%. Proses penginjeksian pun dilakukan, nilai *recovery factor* surfaktan paling tinggi sebesar 73,33% pada salinitas *brine* 1000 ppm dengan campuran konsentrasi surfaktan 0,5% dengan tegangan permukaan 36,5 dyne/cm. Sedangkan *recovery factor* terendah adalah 57,69% pada salinitas *brine* 1000 ppm dengan campuran konsentrasi surfaktan 0,05% dengan tegangan permukaan 38,5 dyne/cm.

Penelitian oleh (Eni et al., 2017) melakukan penelitian dengan 5 varian surfaktan. 1 surfaktan MES, 1 surfaktan BES, dan 3 surfaktan PDS. Dilakukan pengujian kompatibilitas, IFT, filtrasi, thermal stability dan uji *coreflood*. Dari uji kompatibilitas didapatkan hasil surfaktan MES dan BES tidak larut. Uji IFT surfaktan PDSH3 dan MES memiliki nilai yg kecil. Uji thermal surfaktan PDSH3 konsentrasi 1% mempunyai nilai yg baik. Selanjutnya dilakukan uji *coreflood* dan mandapati hasil kenaikan perolehan minyak sebesar 60,6% dengan injeksi surfaktan sebesar 3 Pv sampai 5 Pv. Hasilnya *recovery* yang didapat naik sebesar 22,1%.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Uraian Metode Penelitian

Penelitian di Laboratorium ini berjudul “Uji Laboratorium Pemilihan Surfaktan Polimer Tahap EOR untuk Meningkatkan Perolehan Minyak Lapangan X”. Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data primer yang didapatkan dengan cara melakukan eksperimen langsung di laboratorium Pusat Penelitian Pengembangan Teknologi Minyak Dan Gas Bumi “LEMIGAS”. Sedangkan sampel larutan surfaktan polimer dan peralatan laboratorium yang digunakan dalam penelitian disediakan oleh PPTMGB “LEMIGAS”.

3.2 Overview dan Karakter Lapangan

Lapangan X ini adalah salah satu lapangan yang dikelola oleh Pertamina dan terletak di Sumatra Selatan yang berpotensi untuk menjadi kandidat penerapan metode (*Enhanced Oil Recovery* / EOR) dengan metode ASP. *Reservoir material analysis* yang dilakukan meliputi analisa fluida dan batuan *reservoir* yaitu analisa air produksi, air injeksi, *crude oil* dan *native core* Lapangan X. Hasil uji analisa air menunjukkan bahwa air formasi di Lapangan X mempunyai nilai salinitas di sekitar 18000 ppm dengan tingkat kesadahan sekitar 250 ppm. Adapun hasil analisa minyak menyatakan bahwa *crude oil* lapangan X memiliki °API 33,8 yang termasuk ke dalam jenis minyak ringan. Sebanyak 15 *core plug* yang diterima merupakan batuan *sandstone* dengan permeabilitas rata-rata 2345 mD dan didominasi oleh kuarsa sebagai mineral utama pada rentang 85-92%.

Tabel 3.1 Karakteristik fluida dan batuan *reservoir*

Karakteristik fluida dan batuan <i>reservoir</i>		
Gravity Minyak	33,8	°API
Viskositas Minyak	2,88	cp
Saturasi Minyak	-	%

Jenis Batuan	SS	SS/CB
Permeabilitas rata-rata	2345	mD
Kedalaman	-	ft
Temperatur <i>Reservoir</i>	60	°C
Tekanan <i>Reservoir</i>	290	psi
Porositas rata-rata	-	%
Saturasi rata-rata	-	%

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian di laboratorium dijelaskan dengan rinci dibawah ini :

3.3.1 Alat

Peralatan yang digunakan untuk membantu penelitian ini agar pengujian surfaktan polimer ini mendapat hasil yang maksimal, yaitu :

1. Timbangan digital.
2. Pipet tetes.
3. Gelas *beaker*.
4. *Magnetic stirrer*.
5. *Inter Facial Tension meter* (IFT).
6. *Densitometer*.
7. *Eppendorf repeater*.
8. Tabung reaksi.
9. Oven.
10. Kertas saring 3,0 μm .
11. Gelas ukur.
12. Gas nitrogen.
13. *Stopwatch*.

14. *Viskometer Brookfield DVIII.*

15. Pompa *vacuum*.

16. Mesin *coreflooding*.



Gambar 3.1 Timbangan digital



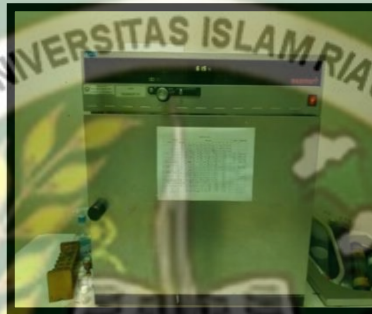
Gambar 3.2 Alat Uji IFT



Gambar 3.3 Alat Uji Filtrasi



Gambar 3.4 Alat Uji *Shear Rate*



Gambar 3.5 *Oven*



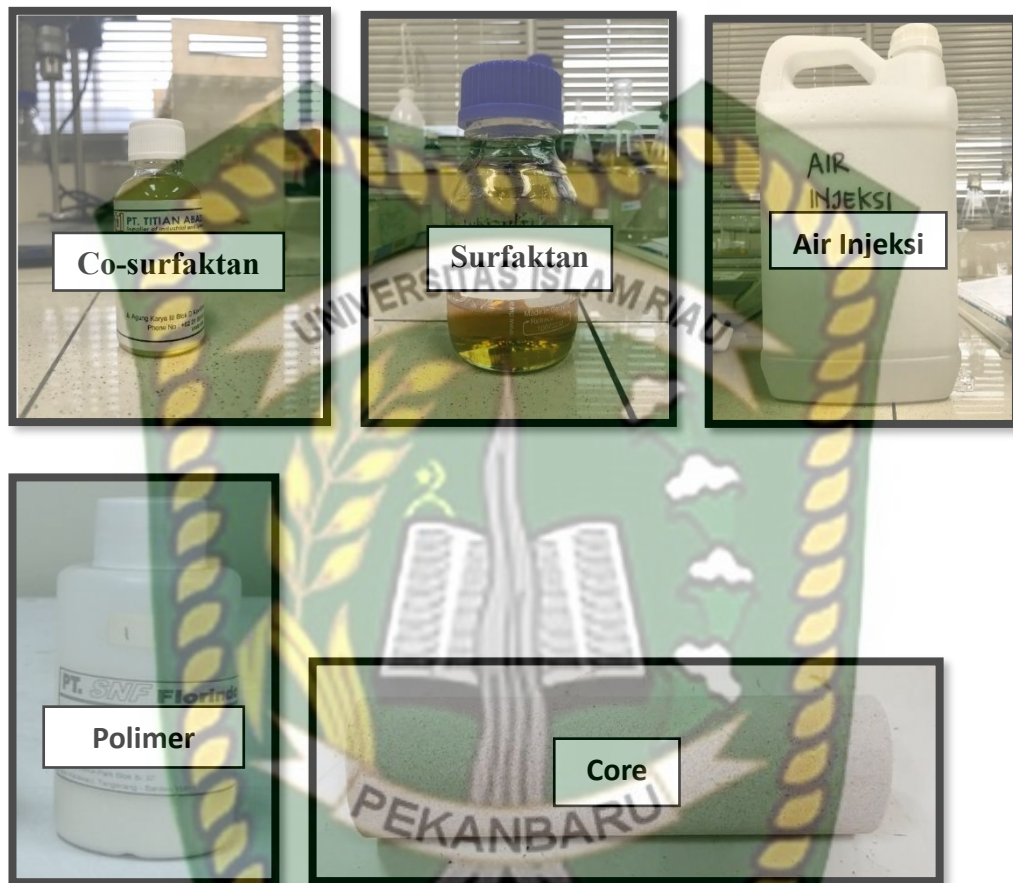
Gambar 3.6 Alat Uji *Coreflooding*

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Surfaktan jenis nonionik.
2. Co-surfaktan jenis anionik.
3. Polimer jenis HPAM.
4. Air injeksi lapangan X.

5. Minyak lapangan X.
6. Core lapangan X.
7. Air aquades.



Gambar 3.7 Bahan

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan Larutan Surfaktan Polimer

Tahap yang dilakukan dalam pembuatan larutan surfaktan polimer adalah:

1. Hitung massa surfaktan polimer yang dibutuhkan.
2. Timbang campuran surfaktan + polimer sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan.
3. Timbang air formasi sesuai dengan komposisi yang diinginkan.

4. Campurkan larutan surfaktan polimer kedalam air formasi sesuai konsentrasi yang diinginkan.
5. Larutan yang sudah tercampur diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan waktu kurang lebih 30 menit.
6. Jika larutan surfaktan polimer sudah tercampur dengan sempurna, ukur densitasnya.

3.4.2 Pengukuran Densitas

Langkah kerja yang dilakukan untuk pengukuran densitas yaitu:

1. Hidupkan alat *densitymeter*, tampilan menu akan keluar.
2. Tekan menu dan pilih temperatur *setting*. Atur temperatur sesuai dengan *reservoir*.
3. Tunggu alat menunjukkan angka yang valid.
4. Masukkan larutan surfaktan polimer kedalam *densitymeter* menggunakan alat suntik.
5. Suntikkan larutan surfaktan polimer kedalam *densitymeter*, sampai larutan benar-benar masuk melewati selang yang ada disamping.
6. Tekan menu *start*, tunggu sampai nilai densitasnya keluar dan catat. Jika sudah selesai, bilas *densitymeter* dengan aquades menggunakan alat suntik. Alat akan membilas secara otomatis.

3.4.3 Pengujian Kompatibilitas Larutan

Untuk uji kompatibilitas dilakukan prosedur sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Membuat formulasi surfaktan polimer sesuai perbandingan yang diinginkan dengan menggunakan gelas *beaker* atau labu *erlenmeyer*.
3. Mengaduk larutan surfaktan polimer ± 30 menit.
4. Membuat larutan induk dari formulasi surfaktan polimer dengan air formasi sumur X menggunakan gelas *beaker* atau labu *erlenmeyer*.
5. Mengaduk larutan surfaktan ± 30 menit.

6. Membuat variasi konsentrasi larutan surfaktan polimer dari larutan induk dengan air formasi sumur X menggunakan gelas *beaker* atau labu *erlenmeyer*.
7. Mengamati perubahan yang terjadi pada masing masing larutan pada setiap konsentrasi.
8. Membersihkan dan merapihkan alat dan bahan yang telah digunakan.

3.4.4 Pengujian *Inter Facial Tension* (IFT) dan *Critical Micelle Concetration* (CMC)

Langkah kerja yang dilakukan untuk melakukan pengukuran IFT yaitu:

1. Siapkan larutan surfaktan polimer pada berbagai variasi konsentrasi dalam air injeksi. Ukur densitas larutan surfaktan dan *crude oil*.
2. Masukkan larutan surfaktan polimer ke dalam tabung kapiler IFT.
3. Masukkan *crude oil* ke dalam tabung kapiler IFT sebanyak 2 mikron.
4. Pasang tabung kapiler IFT ke dalam alat *Spinning Drop Tensiometer*.
5. Atur temperatur pada temperatur *reservoir* 60 °C.
6. Masukkan nilai perbedaan densitas antara larutan surfaktan dan *crude oil*.
7. Putar tabung kapiler IFT untuk memulai pengukuran pada kecepatan 6000 rpm.
8. Rekam dan catat nilai IFT setelah tercapai kondisi stabil.

3.4.5 Pengujian Viskositas vs *Shear Rate*

Berikut prosedur pengujiannya dengan alat *viscosimeter* DV-III *Ultra Brookfield* sesuai dengan temperatur lapangan:

1. Siapkan larutan surfaktan polimer pada konsentrasi yang dirancang dengan cara mengencerkan larutan “*mother*” surfaktan polimer dengan air injeksi Lapangan X.

2. Siapkan alat *Viscometer Brookfield* DVIII pada temperatur kerja 60 °C.
3. Ukur viskositas larutan surfaktan polimer pada beberapa variasi *shear rate* dalam rentang 7 sampai dengan 250 s⁻¹.
4. Catat nilai viskositas yang diperoleh pada berbagai harga *shear rate*.

3.4.6 Pengujian Filtrasi

Langkah kerja yang digunakan untuk melakukan filtrasi, yaitu:

1. Siapkan larutan surfaktan polimer pada konsentrasi tertentu.
2. Tempatkan kertas saring dengan ukuran 3,0 µm pada alat filtrasi rasio untuk analisis nilai FR surfaktan polimer.
3. Masukkan larutan surfaktan polimer ke dalam bejana filtrasi.
4. Buka *valve* gas nitrogen hingga mencapai 30 psig.
5. Buka *valve* bejana filtrasi dan catat waktu yang dibutuhkan untuk menampung setiap 10 mL larutan surfaktan polimer.
6. Hitung nilai filtrasi rasio (FR) dari larutan surfaktan polimer pada setiap konsentrasi yang dianalisis.

3.4.7 Pengujian Thermal Stability

Pengujian Thermal stability dilakukan dengan sampel surfaktan polimer yang telah lolos uji sebelumnya dimasukkan kedalam *oven* dengan temperatur *reservoir* selama 1 bulan. Diamati perubahan pada surfaktan tersebut apakah masih bagus (bening), terjadi perubahan menjadi keruh atau terjadi suspensi dalam surfaktan polimer tersebut. Langkah selanjutnya yaitu:

1. Siapkan larutan surfaktan polimer dalam air injeksi lapangan X.
2. Masukkan larutan surfaktan polimer ke dalam tabung reaksi tertutup.
3. Simpan di dalam oven pada temperatur 60 °C, selama 1, 7, 14, 30, 60, dan 90 hari.
4. Pada waktu yang telah ditentukan, ambil larutan surfaktan polimer dari dalam oven.

5. Ukur densitas masing-masing larutan surfaktan polimer.
6. Ukur IFT masing-masing larutan surfaktan polimer terhadap *crude oil* menggunakan alat *Spinning Drop Tensiometer* pada temperatur 60 °C.
7. Ukur viskositas masing-masing larutan surfaktan polimer menggunakan alat *viskometer Brookfield DVIII*.

3.4.8 Pengujian *Phase Behaviour*

Pengujian ini dilakukan dengan tahap berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan.
2. Mengambil surfaktan polimer dengan menggunakan alat suntik *eppendorf* sampai penuh.
3. Memasukkan surfaktan polimer dari alat suntik ke dalam pipet sebanyak 2 ml.
4. Mengambil *crude oil* dengan menggunakan alat suntik *eppendorf* sampai penuh.
5. Memasukkan *crude oil* ke dalam pipet sebanyak 2 ml.
6. Menutup bagian atas pipet agar pipet kedap udara dengan cara membakar pipet dan menutup lubangnya.
7. Mengamati dan mencatat tinggi surfaktan polimer dan tinggi *crude oil* pada pipet.
8. Mencampur *crude oil* dan surfaktan polimer dengan cara membolak-balikkan pipet.
9. Memasukkan pipet kedalam *oven*.
10. Mengamati dan mencatat setiap perubahan yang terjadi selama 7 sampai 14 hari, untuk mengetahui terbentuk *microemulsion* atau tidak.
11. Membersihkan dan merapihkan alat dan bahan yang telah digunakan.

3.4.9 Pengujian Adsorpsi

Dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Siapkan larutan surfaktan polimer pada konsentrasi yang ditentukan.
2. Tumbuk *native core* lapangan X dan saring menggunakan ukuran sieve 50 dan 200 mesh.
3. Masukkan butiran *native core* lapangan X ke dalam kolom gelas, lalu divakum untuk memampatkan batuan.
4. Lalukan air injeksi lapangan X sebanyak volume tertentu ke dalam batuan lapangan X dengan mengatur aliran menggunakan pompa *vacuum*.
5. Setelah melewati batuan, alirkan batuan dengan larutan SP sebanyak volume tertentu dengan mengatur aliran menggunakan pompa *vacuum*.
6. Tampung larutan SP yang terproduksi.
7. *Flush* dengan mengalirkan air injeksi ke dalam batuan.
8. Analisa konsentrasi surfaktan dan polimer yang ditampung.
9. Hitung nilai adsorpsi dinamik dan semi dinamik *core* untuk surfaktan dan polimer.

3.4.10 Pengujian Coreflooding

Dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Ukur dimensi *core* yang meliputi panjang, diameter, dan berat kering batuan.
2. Tempatkan *core* pada ruang desikator, kemudian divakumkan selama ± 8 jam dan disaturasi dengan air produksi dari sumur X selama ± 12 jam.
3. Timbang berat basah *core*. Selisih antara berat kering dan berat basah merupakan *pore volume* (PV) dari *core*.
4. Pasang *core* ke dalam *core holder* dan panaskan oven hingga temperatur 60 °C.
5. Injeksi *core* dengan air produksi sumur X untuk mengukur permeabilitas absolut air (Kw).
6. Siapkan larutan polimer yang akan diuji.

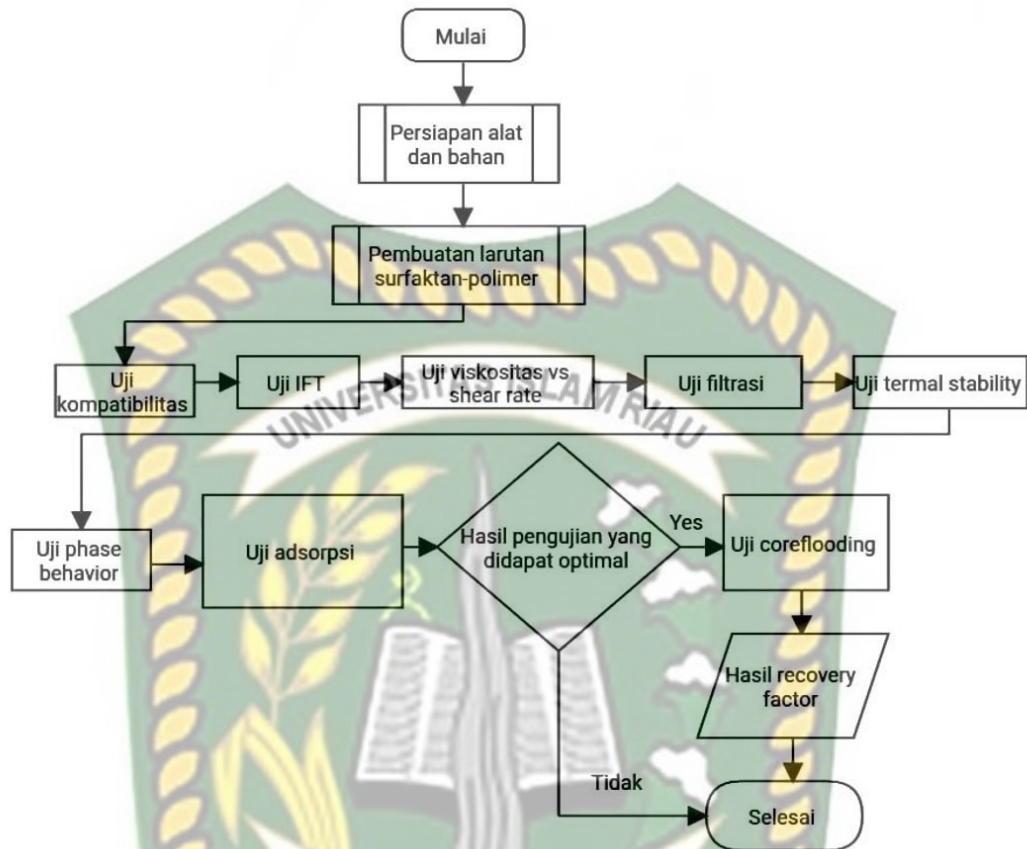
7. Injeksi *core* dengan larutan polimer dengan laju alir 0.3 cc/min hingga stabil yaitu dengan ditunjukan tidak terjadi kenaikan *differential pressure* (dP).
8. Catat *differential pressure* (dP) antara tekanan *inlet* dan *outlet* setiap 5 menit.
9. Hitung nilai permeabilitas *core* dan nilai *resistance factor* (RF).
10. Injeksi *core* dengan air injeksi lapangan X kembali untuk menghitung *residual resistance factor* (RRF).

3.5 Jadwal Penelitian

Tabel 3.2 Jadwal Penelitian

Kegiatan	Januari 2022				Februari 2022				Maret 2022			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pembuatan larutan surfaktan polimer												
Screening surfaktan polimer												
Pengumpulan data penelitian												
Penulisan laporan												

3.6 Alur penelitian (*flowchart*)



Gambar 3.8 Flowchart

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menjelaskan dan menguraikan hasil dan pembahasan yang berhubungan dengan hasil uji dari surfaktan polimer. Surfaktan polimer yang diinjeksikan harus memiliki kualitas yang baik. Langkah dan uji yang dapat dilakukan untuk mendapatkan larutan surfaktan polimer yang sesuai dengan karakteristik lapangan yaitu dilakukan uji kompatibilitas, uji IFT, uji viskositas vs *shear rate*, uji filtrasi, uji *thermal stability*, uji *phase behaviour*, uji adsorpsi, dan yang terakhir uji *coreflooding*. Uji surfaktan polimer sangat penting dilakukan agar dapat mengetahui karakter dan kualitas surfaktan polimer jika diinjeksikan kedalam *reservoir*. Seluruh rangkaian pengujian disesuaikan dengan keadaan *reservoir*, dengan demikian hasil pengujian atau *screening* akan mewakili keberhasilan injeksi surfaktan polimer secara langsung.

4.1 Pembuatan Larutan Surfaktan Polimer

Hal pertama yang dilakukan adalah membuat larutan biang polimer 3000 ppm dengan persamaan:

$$\begin{aligned}\text{Massa Polimer} &= \frac{\text{ppm yang diinginkan}}{1.000.000} \times \text{volume air injeksi} \\ &= \frac{3000 \text{ ppm}}{1.000.000 \text{ ppm}} \times 30 \text{ ml} \\ &= 0,09 \text{ ml} = 0,09 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa air injeksi} &= 30 \text{ gr} - 0,09 \text{ gr} \\ &= 29,91 \text{ gr}\end{aligned}$$

Adapun skenario pembuatan larutan surfaktan polimer sebagai berikut:

1. Pembuatan larutan surfaktan polimer 0,3% N + 1250 ppm H + Air injeksi lapangan X.

$$\text{Massa surfaktan} = \frac{\% \text{ yang diinginkan}}{100} \times \text{volume air injeksi}$$

$$= \frac{0,3}{100} \times 30 \text{ ml}$$

$$= 0,09 \text{ ml} = 0,09 \text{ gr}$$

$$\text{Massa Polimer} = \frac{\text{ppm yang diinginkan}}{\text{ppm larutan biang}} \times \text{volume air injeksi}$$

$$= \frac{1250 \text{ ppm}}{3000 \text{ ppm}} \times 30 \text{ ml}$$

$$= 12,5 \text{ ml} = 12,5 \text{ gr}$$

$$\text{Massa surfaktan polimer} = 0,09 \text{ gr} + 12,5 \text{ gr} = 12,59 \text{ gr}$$

$$\text{Massa air injeksi} = \text{volume air injeksi} - \text{volume SP}$$

$$= 30 \text{ gr} - 12,59 \text{ gr}$$

$$= 17,41 \text{ gr}$$

2. Pembuatan larutan surfaktan polimer 0,3% NA + 1250 ppm H + Air injeksi lapangan X.

$$\text{Massa surfaktan} = \frac{\% \text{ yang diinginkan}}{100} \times \text{volume air injeksi}$$

$$= \frac{0,3}{100} \times 30 \text{ ml}$$

$$= 0,09 \text{ ml} = 0,09 \text{ gr}$$

$$\text{Massa Polimer} = \frac{\text{ppm yang diinginkan}}{\text{ppm larutan biang}} \times \text{volume air injeksi}$$

$$= \frac{1250 \text{ ppm}}{3000 \text{ ppm}} \times 30 \text{ ml}$$

$$= 12,5 \text{ ml} = 12,5 \text{ gr}$$

$$\text{Massa surfaktan polimer} = 0,09 \text{ gr} + 12,5 \text{ gr} = 12,59 \text{ gr}$$

$$\text{Massa air injeksi} = \text{volume air injeksi} - \text{volume SP}$$

$$= 30 \text{ gr} - 12,59 \text{ gr}$$

$$= 17,41 \text{ gr}$$

4.2 Pengukuran Densitas

Pengukuran densitas menggunakan alat *densitometer* sehingga didapat pengukuran sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil Uji Densitas

Larutan SP	Densitas (gr/cm ³)
0,3% N + 1250 ppm H + Air injeksi	1,0056
0,3% NA + 1250 ppm H + Air injeksi	1,0048

4.3 Uji Kompatibilitas

Uji kompatibilitas dilakukan di temperatur ruangan 27 °C. Uji kompatibilitas dilakukan pada masing-masing surfaktan 0.3% N + polimer H 1250 ppm dicampur air injeksi lapangan X dan 0.3% NA + polimer H 1250 ppm dicampur air injeksi lapangan X. Pengujian ini diamati dari larut atau tidaknya surfaktan polimer dengan air injeksi lapangan. Dalam temperatur ruangan, larutan surfaktan polimer ini diharapkan tidak mengendap. Konsentrasi dan berat surfaktan polimer dari masing-masing larutan mempengaruhi warna larutan. Hasil uji kompatibilitas dapat dilihat

hasilnya pada tabel. Larutan surfaktan polimer ini diketahui memiliki visual keruh atau *milky*.

Tabel 4.2 Hasil Uji Densitas

Surfaktan polimer	Kompatibilitas
0,3% N + 1250 ppm H + air injeksi lapangan X	Milky, larut sempurna
0,3% NA + 1250 ppm H + air injeksi lapangan X	Milky, larut sempurna

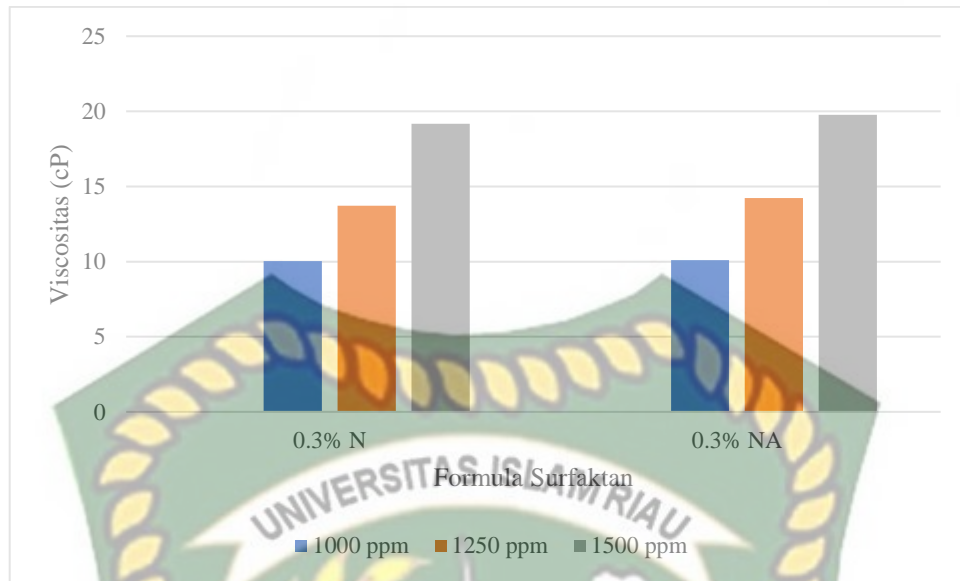
Dari kedua larutan surfaktan polimer yang diuji, memiliki kesamaan yaitu memiliki visual yang keruh, dan larut sempurna. Hal ini terjadi karena perbedaan konsentrasi surfaktan dan polimer tidak terlalu signifikan, sehingga memiliki persamaan. Larutan surfaktan polimer ini lulus pengujian dan dapat dilakukan pengujian tahap selanjutnya karena tidak adanya endapan.

4.4 Uji IFT (*Inter Facial Tension*)

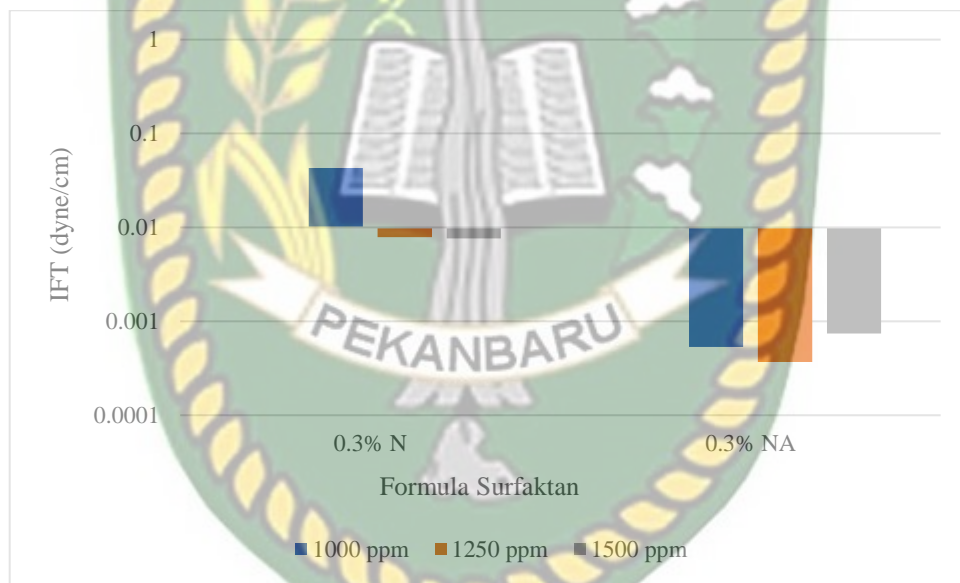
Uji IFT dilakukan dengan alat *Spinning Drop Tensiometer* TX-500 C/D. Nilai IFT diukur dengan mencampurkan larutan surfaktan polimer dengan *crude oil* dari sumur X. Pengukuran IFT dilakukan pada temperatur *reservoir* lapangan X yaitu 60 °C dan konsentrasi surfaktan 0,3% dan polimer 100, 1250, 1500 ppm. Adapun hasil pengukuran dari masing-masing larutan surfaktan polimer dapat dilihat di tabel berikut :

Tabel 4.3 Hasil Uji Visc vs IFT

Formula surfaktan	Polimer H					
	1000 ppm		1250 ppm		1500 ppm	
	Visc	IFT	Visc	IFT	Visc	IFT
0,3% N	10,03	0,0431	13,72	0,00787	19,18	0,00766
0,3% NA	10,1	0,000533	14,24	0,000368	19,77	0,000742



Gambar 4.1 Grafik Viscositas



Gambar 4.2 Grafik Uji IFT

Hasil menunjukkan bahwa surfaktan N dan NA mempunyai nilai viscositas yang hampir sama yaitu sekitar 10 cP pada 1000 ppm dan 14 cP pada 1250 ppm. Sehingga lolos untuk tahap selanjutnya. Pada 1500 ppm mempunyai viscositas 19 cP. Hasil IFT pada konsentrasi 1000 ppm kurang maksimal karena IFT surfaktan N hanya sekitar 10^{-2} dyne/cm. Dari hasil itu, yang paling optimal adalah larutan surfaktan polimer dengan konsentrasi polimer 1250 ppm. Larutan surfaktan polimer dapat menurunkan IFT sampai 10^{-3} dyne/cm. Nilai IFT yang diinginkan yaitu

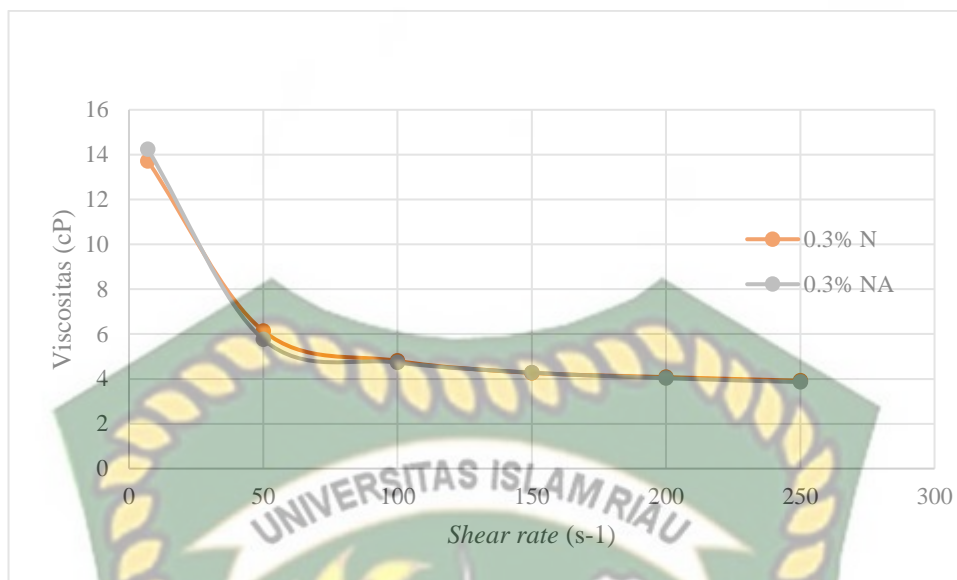
sekitar 10^{-3} dyne/cm, karena dapat menurunkan tegangan antarmuka antara batuan dengan minyak dan optimal mengangkat minyak di batuan *reservoir*. Jika nilai IFT kurang dari nilai 10^{-3} dyne/cm, dapat diartikan bahwa larutan surfaktan polimer ini kurang bekerja dengan optimal. Menurut (Ramos et al., 2020) penurunan IFT yang sangat jauh harus dikombinasikan dengan kenaikan viskositas agar injeksi berjalan dengan mulus Konsentrasi yang terbaik akan lolos dan dapat melakukan pengujian tahap selanjutnya.

4.5 Viskositas vs *Shear Rate*

Uji viskositas vs *shear rate* dilakukan menggunakan alat *viscosimeter* (DV-III *Ultra Brookfield*). Pengukuran viskositas ini dilakukan pada *shear rate* 7 s^{-1} sampai 250 s^{-1} dan dengan temperatur *reservoir* sebesar 60°C . Berikut hasil pengukuran viskositas vs *shear rate* dengan dua jenis larutan surfaktan polimer :

Tabel 4.4 Hasil Uji *Shear Rate*

<i>Shear Rate</i> (s^{-1})	Polimer H 1250 ppm (cP)	
	0,3% N	0,3% NA
7	13,72	14,24
50	6,14	5,76
100	4,8	4,73
150	4,27	4,28
200	4,08	4,03
250	3,92	3,86
IFT (dyne/cm)	0,0431	0,000368



Gambar 4.3 Grafik Uji Viscisitas vs *Shear Rate*

Viscositas larutan surfaktan polimer ini dipengaruhi oleh *shear rate* atau kecepatan putar. Adanya penurunan viscositas seiring dengan kenaikan *shear rate* pada rentang nilai 7 sampai 250 s⁻¹, sehingga dapat dikatakan sebagai larutan *pseudoplastik*. Grafik menunjukkan bahwa kedua surfaktan polimer mempunyai sifat yang sama, yaitu semakin bertambahnya *shear rate* maka semakin menurun pula viscositasnya. Setelah mengetahui hasilnya, dapat dilakukan pengujian selanjutnya.

4.6 Uji Filtrasi

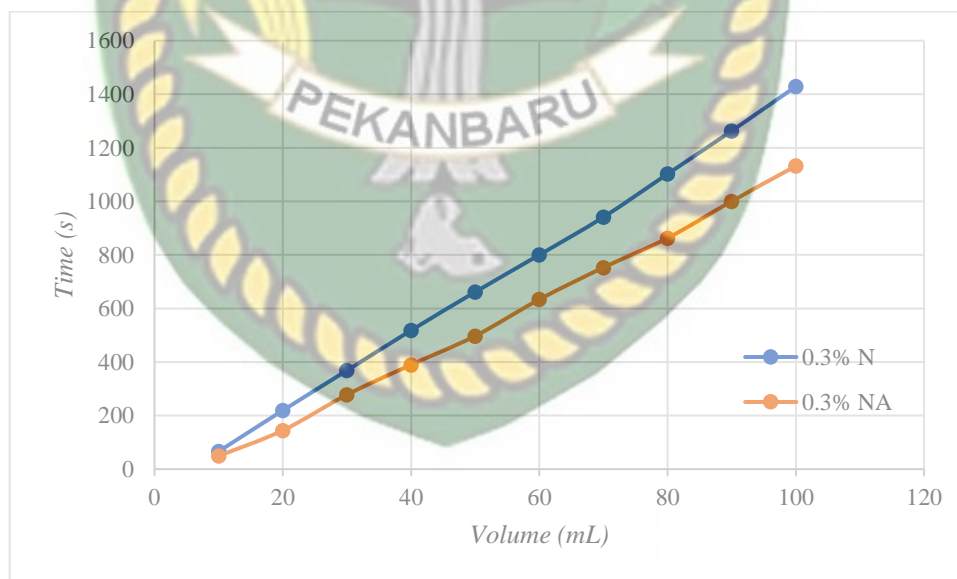
Uji filtrasi ditujukan untuk memastikan jika larutan surfaktan polimer ini dapat mengalir di media berpori atau batuan dan tidak menyebabkan *plugging* yang dapat mengganggu aliran minyak menuju sumur produksi. Larutan surfaktan polimer yang akan difiltrasi sebanyak 120 mL. Lalu akan dicatat waktu setiap interval 10 mL dengan batas filtrasi 100 mL. Menghitung filtrasi ratio menggunakan persamaan:

$$FR = \frac{T_{100} - T_{80}}{T_{40} - T_{20}} \quad (\text{Persamaan 1})$$

Larutan di filtrasi menggunakan filter sebesar $3,0\ \mu\text{M}$. Hasilnya dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 4.5 Hasil Uji Filtrasi

Waktu (detik)	Polimer H 1250 ppm (cP)	
	0,3% N	0,3% NA
10	66,08	49,03
20	219,12	144,52
30	368,29	277,69
40	518,05	389,66
50	661,49	497,23
60	800,07	633,81
70	941,32	752,84
80	1102,37	863,06
90	1263,24	1000,45
100	1428,95	1132,19
FR	1,09	1,1
Visc	14,92	16,42
IFT (dyne/cm)	0,00835	0,000617



Gambar 4.4 Grafik uji Filtrasi

Nilai FR yang diperoleh dari kedua larutan surfaktan polimer tersebut masih dibawah 1,2 sebagai nilai minimal dari FR yang dianjurkan. Ini membuktikan bahwa larutan surfaktan polimer yang diinjeksikan tidak akan menyebabkan

sumbatan didalam batuan. Larutan surfaktan polimer ini dapat diuji ke tahap selanjutnya.

4.7 Uji *Thermal Stability*

Uji thermal stability dilakukan untuk mengetahui kestabilan surfaktan terhadap suhu formasi dan surfaktan yang baik akan tetap stabil oleh pengaruh suhu (Juita et al., 2016). Uji *Thermal stability* dilakukan dengan membandingkan nilai viskositas surfaktan polimer sebelum dengan setelah terpapar panas pada temperatur *reservoir* sebesar 60 °C. Pengujian ini dilakukan setiap interval waktu 0, 14, 30, 60, 90 hari. Larutan dimasukkan kedalam *oven* dan diuji lagi setiap interval waktu untuk mengetahui nilai IFT nya.

Tabel 4.6 Hasil Uji Thermal Stability

Waktu (hari)	Polimer H 1250 ppm (cP)			
	0,3% N		0,3% NA	
	Visc	IFT	Visc	IFT
0	14,42	0,00787	13,34	0,000533
14	10,9	0,00637	9,68	0,000434
30	8,3	0,00740	7,37	0,000617
60	5,81	0,00853	5,070	0,000742
90	13,76	0,00906	8,61	0,00131

Dari hasil pengamatan dapat disimpulkan bahwa larutan surfaktan polimer ini tetap stabil walaupun dipanaskan selama 90 hari. Hal ini dapat dilihat dari nilai IFT nya yang masih memiliki nilai sebesar 10^{-3} ataupun 10^{-4} . Walaupun terjadi degradasi viscositas sebesar hampir 50%, tetapi masih dapat diterima karena viscositas larutan surfaktan polimer masih pada rentang 2 kali viscositas *crude oil* lapangan X. Sehingga masih memenuhi syarat untuk diinjeksikan. Dari hasil pengujian ini dapat dilakukan pengujian tahap selanjutnya.

4.8 Uji Phase Behaviour

Uji *phase behaviour* dilakukan dengan minyak lapangan X dengan salinitas *brine* sebesar 18000 ppm.

Tabel 4.7 Hasil Uji Phase Behaviour

Formulasi Surfaktan	Polimer	Conc (%)	Time (hrs)	Vs	Water Level	Oil level	Top Interface
N	1250 ppm H	0,30%	98 (4 d)*	0,006	2,96	0,95	2,94
NA	1250 ppm H	0,30%	99 (4 d)*	0,006	2,95	0,99	2,91

Formulasi Surfaktan	Bottom Interface	Type	Volume of Oil Solubilized (cc)	Volume of Water Solubilized (cc)	Oil Sol. Ratio (cc/cc)	Water Sol. Ratio (cc/cc)
N	2,95	III	0,01	0	1,67	0
NA	2,98	III	0,04	0,03	6,67	5

Dari hasil pengujian yang dilakukan, dapat dilihat bahwa fasa mikroemulsi (fasa III) terbentuk pada larutan yang diberi co-surfaktan. Adapun mikroemulsi terbanyak ada pada konsentrasi surfaktan 0,3% NA. Menurut (Mohsenzadeh et al., 2015) ntuk membuat emulsi yang stabil dan mendapatkan campuran yang efektif, diperlukan nilai IFT dan gaya geser yang rendah. Setelah lolos pengujian ini larutan surfaktan polimer akan dilakukan pengujian tahap selanjutnya.

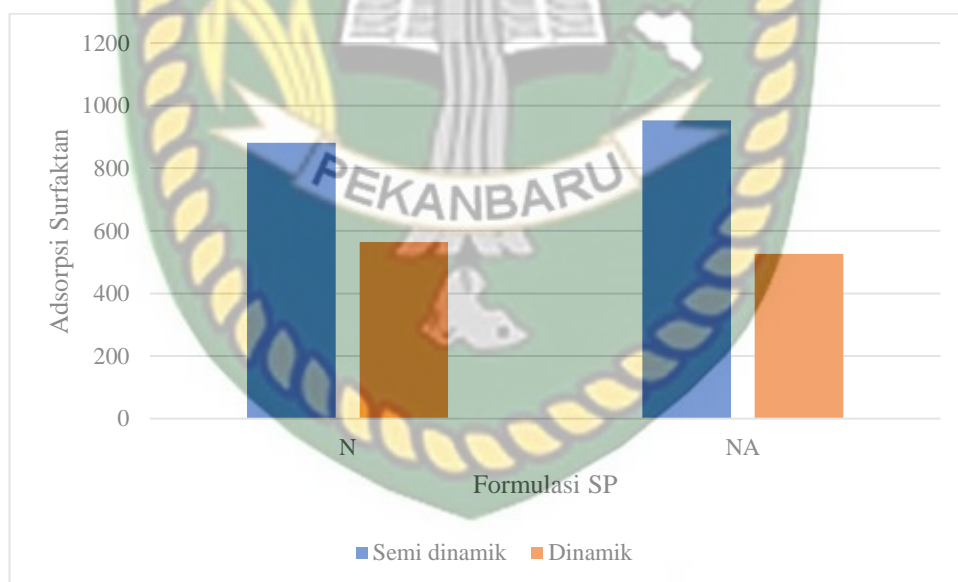
4.9 Uji Adsorpsi

Uji adsorpsi dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak larutan surfaktan polimer yang teradsorp kedalam batuan yang akan mengurangi efektifitas larutan surfaktan polimer. Metode yang digunakan adalah adsorpsi dinamik yang dilakukan pada temperature dan kondisi *reservoir* yaitu sebesar 60 °C. Metode lainnya yaitu adsorpsi semi dinamik yaitu menggunakan suhu ruang 27 °C dan menggunakan batuan yang dimampatkan.

Adsorpsi dinamik dan semi dinamik diuji pada surfaktan. Dari hasilnya dapat dilihat bahwa surfaktan N mempunyai nilai adsorpsi dinamik yang lebih rendah yaitu sebesar 881 $\mu\text{g/g}$. Hal ini membuktikan bahwa co-surfaktan mempunyai peran adsorpsi yang cukup besar terhadap batuan di *reservoir* lapangan X. Nilainya juga melebihi dari batas nilai adsorpsi yang dianjurkan untuk injeksi kimia. Walaupun nilai adsorpsi dinamik lebih rendah dari adsorpsi semi dinamik, hal ini masih dalam batas yang disyaratkan yaitu sebesar 400 $\mu\text{g/g}$. Sehingga masih bisa dioptimalkan agar hasilnya lebih baik dari batas yang ditetapkan.

Tabel 4.8 Hasil Uji Adsorpsi Surfaktan

Surfaktan	Adsorpsi surfaktan ($\mu\text{g/g}$)	
	Semi dinamik	Dinamik
N	881	564
NA	953	526



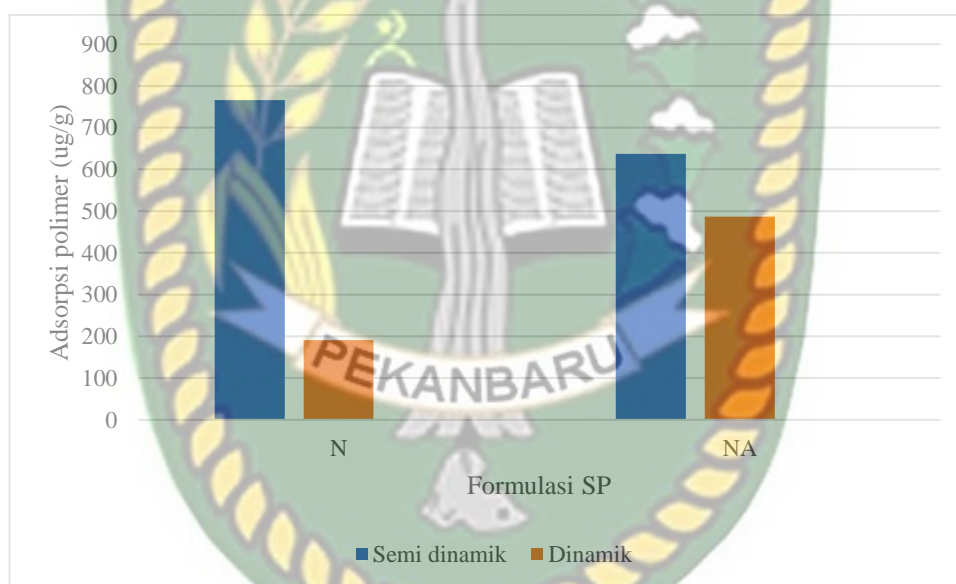
Gambar 4.5 Grafik Uji Adsorpsi Surfaktan

Uji adsorpsi juga dilakukan pada polimer yang kontak dengan batuan. Pada uji adsorpsi dinamik, *effluent* yang dihasilkan diukur viscositasnya untuk menentukan konsentrasi dan berapa banyak polimer yang terserap. Untuk

adsorpsi dinamik kedua larutan mempunyai nilai dibawah 400 $\mu\text{g/g}$., yaitu sebesar 191 $\mu\text{g/g}$ dan 293 $\mu\text{g/g}$. Adapun hasil adsorpsi semi dinamik terbesar yaitu pada larutan surfaktan polimer N yaitu sebesar 766 $\mu\text{g/g}$. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa kedua larutan tidak menyebabkan adsorpsi polimer yang besar pada batuan lapangan X dan masih dapat digunakan sebagai injeksi bahan kimia.

Tabel 4.9 Hasil Uji Adsorpsi Polimer

Larutan	Adsorpsi Polimer ($\mu\text{g/g}$)	
	Semi dinamik	Dinamik
N	766	191
NA	637	293

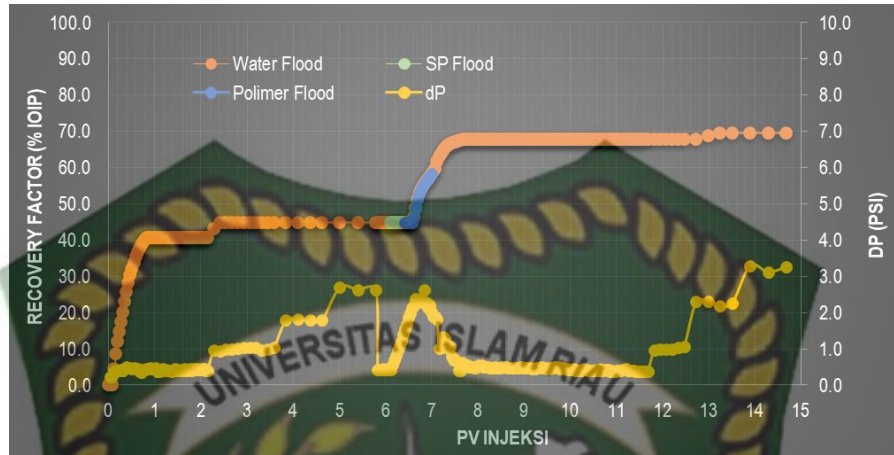


Gambar 4.6 Grafik Uji Adsorpsi Polimer

4.10 Uji Coreflooding

Uji *coreflooding* dilakukan untuk menguji kinerja dari surfaktan polimer tersebut sehingga dapat meningkatkan produksi minyak. Pada pengujian ini sampel *core* yang digunakan yaitu *core* sintetik Bentheimer. *Core* ini mempunyai porositas 24,9% dan permeabilitas absolut 2708 mD. Sampel *core* ini mempunyai diameter 38,1 mm dan panjangnya 59,3 mm. Dalam pembahasan ini akan dijelaskan

mekanisme Langkah kerjanya. Desain yang dilakukan pada tahap injeksi ini yaitu dengan penginjeksian 0,3 PV surfaktan polimer yang diikuti 0,6 PV polimer.



Gambar 4.7 Grafik Uji Coreflood surfaktan N

Larutan SP yang diuji yaitu 0,3% N + 1250 ppm H, sedangkan larutan yang digunakan sebagai *polimer drive* yaitu 2000 ppm H. Pada uji ini volume minyak mula-mula (IOIP) yang sudah diinjeksikan *crude oil* lapangan X yaitu sebesar 30,02 cc atau sekitar 76,01 %PV. Selanjutnya, dilakukan aging selama 13 jam, *core* yang tersaturasi dengan minyak diinjeksi dengan air injeksi lapangan X hingga mencapai *watercut* 100%. Jumlah minyak yang diproduksi pada tahap *waterflood* ini sebesar 9,72 cc atau sekitar 32,38 %IOIP. Kemudian dilanjutkan dengan injeksi SP sebanyak 0,3 PV dan polimer sebanyak 0,6 PV. Pada tahap injeksi SP tidak ada minyak yang terproduksi, sedangkan pada injeksi polimer terproduksi minyak sebesar 2,60 cc atau sekitar 8,66 %IOIP. Pada tahap injeksi *flush water*, perolehan minyak yang didapat sebesar 1,2 cc atau sekita 4 %IOIP. Sehingga total mimyak yang diperoleh setelah injeksi air adalah 3,80 cc yaitu 12,66 %IOIP atau sekitar 18,72 %ROIP.

Tabel 4.10 Hasil Uji Coreflooding Surfaktan N

Parameter	Waterflood		Chemical Flood		Total	
Cumm. Oil Produced	9,72	cm3	3,8	cm3	13,52	cm3
Oil Recovery Factor, RF	32,38	%IOIP	12,66	%IOIP	45	%IOIP
	-	-	18,72	%ROIP	-	-
Residual Oil	20,30	cm3	16,50	cm3	-	-

Residual Oil Saturation, Sor WF	51,4	%	41,78	%	-	-
------------------------------------	------	---	-------	---	---	---

Selanjutnya pengukuran larutan SP NA dengan *core* Bentheimer. Berdasarkan hasil pengukuran pore volume batuan sebesar 41,55 cc. Desain injeksi yang dilakukan sama dengan injeksi sebelumnya yaitu 0,3 PV surfaktan dan 0,6 PV polimer, lalu injeksi flush water sehingga *watercut* mencapai 100%. Larutan SP yang diuji adalah 0,3% NA + 1250 ppm H. Larutan polimer yang digunakan untuk *polimer drive* yaitu 2000 ppm H. Hasil dari uji coba tersebut dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4.8 Grafik Uji Coreflood Surfaktan NA

Pada tahap injeksi minyak, IOIP yang didapat sebesar 28,82 cc atau 69,53 %PV. Setelah di *aging* selama 13 jam, *core* yang tersaturasi dengan minyak diinjeksi dengan air injeksi lapangan X sehingga *watercut* nya menjadi 100%. Jumlah minyak yang terproduksi pada tahap *waterflood* ini sebesar 16,72 cc atau 58,02 %IOIP. Kemudian dilakukan Injeksi SP sebesar 0,3 PV dan polimer sebanyak 0,6 PV. Pada injeksi SP tidak ada minyak yang terproduksi. Tetapi, pada injeksi polimer didapatkan produksi minyak sebesar 10,10 cc atau 35,05 %IOIP. Pada tahap injeksi *flush water*, perolehan minyak yang didapat sebesar 0,20 cc atau 0,69 %IOIP. Sehingga total perolehan minyak setelah diinjeksikan air adalah 10,30 atau 35,74 %IOIP atau 85,12 %ROIP.

Tabel 4.11 Hasil Uji Coreflooding Surfaktan NA

Parameter	Waterflood		Chemical Flood		Total	
Cumm. Oil Produced	16,72	cm3	10,30	cm3	27,02	cm3
Oil Recovery Factor, RF	58,02	%IOIP	35,74	%IOIP	93,75	%IOIP
	-	-	85,12	%ROIP	-	-
Residual Oil	12,10	cm3	1,8	cm3	-	-
Residual Oil Saturation, Sor WF	29,19	%	4,34	%	-	-



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. *Screening* surfaktan polimer yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu uji kompatibilitas, uji IFT, uji viskositas vs *shear rate*, uji filtrasi, uji *thermal stability*, uji *phase behavior*, uji adsorpsi dan uji *coreflooding*.
2. Nilai *recovery factor* yang didapat jika diinjeksikan surfaktan polimer 0,3% N + 1250 ppm H adalah sebesar 45% IOIP. Untuk surfaktan polimer 0,3% NA + 1250 ppm H mempunyai nilai sebesar 93,75% IOIP.

5.2 Saran

Saran peneliti kepada pembaca atau peneliti selanjutnya setelah melakukan berbagai langkah pengujian di laboratorium sebagai berikut :

1. Melakukan pengujian di berbagai sensitivitas dan temperatur *reservoir*. Hal ini berguna untuk melihat kinerja surfaktan polimer tersebut jika diperlukan di lapangan lain.
2. Melakukan penambahan pengujian seperti imbibisi, *wettability* dan *capillary desaturation curve* (CVC) pada surfaktan, agar hasil yang didapatkan lebih akurat untuk diinjeksikan di lapangan.

Melakukan simulasi menggunakan *software* CMG dengan data yang sudah dihasilkan dari pengujian di laboratorium

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, M. (2017). Chemical Enhanced Oil Recovery (EOR) Activities in Indonesia: How it's Future. *AIP Conference Proceedings*, 1840.
- Abidin, A. Z., Puspasari, T., & Nugroho, W. A. (2012). Polymers for Enhanced Oil Recovery Technology. *Procedia Chemistry*, 4, 11–16.
- Ansyori, M. R. (2018). Mengenal Enhanced Oil Recovery (EOR) Sebagai Solusi Meningkatkan Produksi Minyak. *Swara Patra*, 8(2), 16–22.
- Bera, A., Shah, S., Shah, M., Agarwal, J., & Vij, R. K. (2020). Mechanistic Study on Silica Nanoparticles-Assisted Guar Gum Polymer Flooding for Enhanced Oil Recovery in Sandstone Reservoirs. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 598(March), 124833.
- Cheraghian, G., & Hendraningrat, L. (2016). A Review on Applications of Nanotechnology in the Enhanced Oil Recovery Part A: Effects of Nanoparticles on Interfacial Tension. *International Nano Letters*, 6(2), 129–138.
- Delamaide, E., Zaitoun, A., Renard, G., & Tabary, R. (2014). Pelican Lake Field: First Successful Application of Polymer Flooding in a Heavy-Oil Reservoir. *SPE Reservoir Evaluation and Engineering*, 17(3), 340–354.
- Eni, H., Sutriah, K., & Muljani, S. (2017). Surfactant based on Palm Oil for EOR Application at Intermediate Oil Field. *LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK Dan GAS BUMI*, 51(1), 2–7.
- Juita, R., Arnelli, A., & Yusniati, Y. (2016). Telaah Surfaktan untuk Proses Enhanced Oil Recovery (EOR) dan Profil Adsorpsi Surfaktan A-Olefin Sulfonates (AOS). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 19(1), 27.
- Kesuma, W. P., & Kasmungin, S. (2015). Studi Laboratorium Pengaruh Konsentrasi Surfaktan terhadap Peningkatan Perolehan Minyak. *Seminar Nasional Cendikawan*, ISBN: 2460, 569–575.

- Meliana, Y., Putri, R., Ghozali, M., & Irawan, Y. (2016). *Stabilitas Emulsi Surfaktan Non-Ionik Turunan Minyak Sawit (Poli (Etilen Glikol) Dioleat dan Isopropil Oleat)*. 19(2), 97–106.
- Mohsenzadeh, A., Al-Wahaibi, Y., Jibril, A., Al-Hajri, R., & Shuwa, S. (2015). The novel use of Deep Eutectic Solvents for enhancing heavy oil recovery. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 130, 6–15.
- Prasojo, T. Y., & Kasmungin, S. (2017). Pengaruh Konsentrasi Surfaktan dan Permeabilitas pada Batuan Sandstone terhadap Perolehan Minyak dalam Proses Imbibisi (Laboratorium Study). *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*, 2(1), 17–22.
- Putra, B. P., & Kiono, B. F. T. (2021). Mengenal Enhanced Oil Recovery (EOR) Sebagai Solusi Meningkatkan Produksi Minyak Indonesia. *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, 2(2), 84–100.
- Qi, Z. B., Xu, L., Xu, Y., Zhong, J., Abedini, A., Cheng, X., & Sinton, D. (2018). Disposable Silicon-Glass Microfluidic Devices: Precise, Robust and Cheap. *Lab on a Chip*, 18(24), 3872–3880.
- Raffa, P., Broekhuis, A. A., & Picchioni, F. (2016). Polymeric Surfactants for Enhanced Oil Recovery: A Review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 145, 723–733.
- Ramos, G. A. R., Akanji, L. T., & Afzal, W. (2020). A Novel Surfactant-Polymer/Alkaline-Surfactant-Polymer Formulation for Enhanced Oil Recovery (EOR) Processes. *Energy and Fuels*, 34(2), 1230–1239.
- Rivai, M., Irawadi, Tedja, T., Suryani, A., & Setyaningsih, D. (2011). Penentuan Kondisi Proses Produksi Surfaktan Mes Untuk Aplikasi Eor Pada Batuan Karbonat. *Agrointek*, 1(1), 45–52.
- Usman. (2011). Potensi Pengembangan EOR untuk Peningkatan Produksi Minyak Indonesia. *Pusat Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Minyak Dan Gas Bumi “LEMIGAS,”* 45(2), 91–102.

- Utami, P., Kasmungin, S., Pauhesti, P., Pramadika, H., Ibrahim, A., Fadlu, A., Teknik, J., Fakultas, P., Kebumian, T., & Energi, D. (2019). Pengaruh Konsentrasi Surfaktan Terhadap Pada Lapangan Di Sumatera Selatan. *Seminar Nasional Cendekiawan Ke, 5*, 1–5.
- Wijayanti, P., Kasmuning, S., Ridaliani, O., Ginting, M., Ristawati, A., Doddy, D., & Rizky, E. (2019). Pelatihan Injeksi Surfaktan Dalam Proses Eor Untuk Siswa/I Di Smk Cibinong, Bogor. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia, 1*(3), 74–76.

