

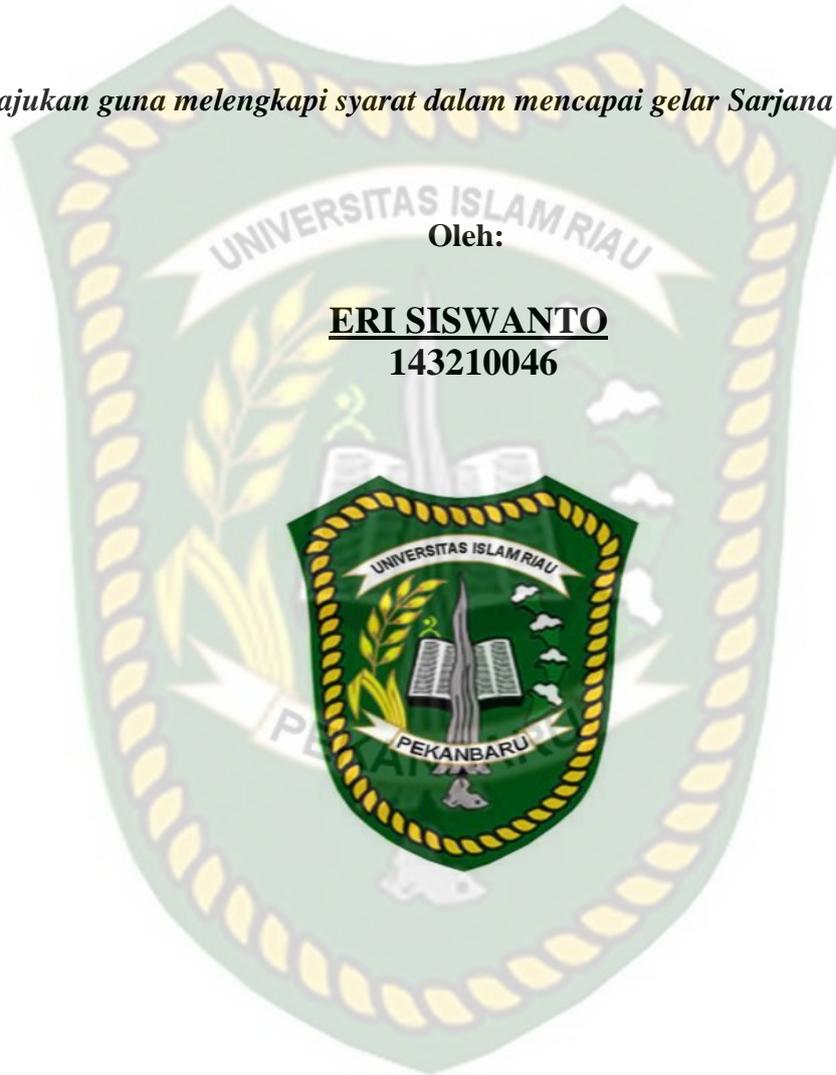
**ANALISIS KUALITAS AIR INJEKSI PADA PROSES WATER
FLOODING DI BOB PT. BSP - PERTAMINA HULU**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

ERI SISWANTO
143210046



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2019

KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah SWT atas rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya sehingga penulis 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 dalam penyelesaian tugas akhir serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya mendapatkan gelar Sarjana Teknik ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Novrianti, S.T, M.T selaku dosen pembimbing, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberi masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Dr. Eng. Muslim, M.T selaku pembimbing akademik yang telah memberi arahan dan nasihat selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan
3. Pak Annur Suhadi selaku pembimbing lapangan yang telah membantu saya dalam pengambilan data dan bimbingan tugas akhir.
4. Ketua dan sekretaris prodi serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
5. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan material, dukungan moral dan doa yang senantiasa mengiringi.
6. Sahabat terbaik saya yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Teriring do'a saya semoga Allah SWT memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 21 Desember 2019

Eri Siswanto

DAFTAR ISI

| | |
|---|------------------------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PENGESAHAN | ii |
| HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | Error! Bookmark not defined. |
| KATA PENGANTAR | iv |
| DAFTAR ISI | v |
| DAFTAR GAMBAR | viii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR SINGKATAN | xi |
| DAFTAR SIMBOL | xii |
| ABSTRAK | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| BAB I PENDAHULUAN | 15 |
| 1.1 Latar Belakang | 15 |
| 1.2 Tujuan Penelitian | 16 |
| 1.3 Manfaat Penelitian | 16 |
| 1.4 Batasan Masalah | 16 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 18 |
| 2.1 Air Injeksi | 18 |
| 2.2 Sifat Fisika dan Kimia Air Injeksi | 21 |
| 2.2.1 Sifat Fisika Air Injeksi | 21 |
| 2.2.2 Sifat Kimia Air Injeksi | 23 |
| 2.3 Parameter Analisis Kualitas Air Injeksi | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 2.4 Standar Baku Mutu Kualitas Air Injeksi | 28 |
| 2.4.1 Sensitivitas Formasi | 28 |
| 2.4.2 Korosi | 29 |
| 2.4.3 Endapan (<i>Scale</i>)..... | 29 |
| 2.4.4 Bakteri | 29 |
| 2.4.5 Minyak | 30 |
| 2.5 Spesifikasi Alat Spectrophotometer | 30 |
| 2.6 Diagram Stiff | 31 |
| 2.7 Penelitian Terdahulu..... | 32 |
| BAB III GAMBARAN LAPANGAN | 34 |
| 3.1 Letak Geografis dan Sejarah Area BOB PT. BSP-Pertamina Hulu .. | 34 |
| 3.2 Sejarah Lapangan ES..... | 36 |
| 3.3 Karakteristik Fluida dan Reservoir Lapangan ES | 36 |
| 3.4 Proses Aliran <i>Gathering Station X</i> | 38 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN..... | 39 |
| 4.1 Proses Analisis Kualitas Air Injeksi | 39 |
| 4.1.1 Analisis Berdasarkan Parameter Fisika (<i>Physical Indication</i>).. | 40 |
| 4.1.2 Analisis Berdasarkan Parameter Kimia (<i>Chemical Indication</i>) | 43 |
| 4.2 Analisis Stiff Diagram | 49 |
| 4.3 Hasil Analisis Air Injeksi | 51 |
| 4.3.1 Kualitas Air Injeksi Lapangan ES | 51 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 54 |
| 5.1 Kesimpulan | 54 |
| 5.2 Saran | 55 |

| | |
|-----------------------------|----|
| DAFTAR PUSTAKA | 56 |
| LAMPIRAN | 59 |



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR GAMBAR

| | | |
|--------------------|--|----|
| Gambar 1.1 | Diagram alir penelitian..... | 17 |
| Gambar 2.1 | Spectrophotometer Dr 5000 | 30 |
| Gambar 2.2 | Contoh Diagram Stiff | 32 |
| Gambar 3.1 | Peta Wilayah Kerja BOB PT. BSP - Pertamina Hulu..... | 35 |
| Gambar 3.2 | Peta Lokasi Sumur BOB PT. BSP - Pertamina Hulu..... | 35 |
| Gambar 4.1 | <i>Hydro cyclone</i> | 40 |
| Gambar 4.2 | Pengujian TSS..... | 41 |
| Gambar 4.3 | Pengujian TDS menggunakan TDS meter | 42 |
| Gambar 4.4 | Pengujian <i>Oil Content</i> | 42 |
| Gambar 4.5 | Pengujian <i>Turbidity</i> | 43 |
| Gambar 4.6 | Peralatan Pengujian <i>Dissolved Oxygen</i> | 44 |
| Gambar 4.7 | Pengujian Bakteri | 44 |
| Gambar 4.8 | Hari pertama inkubasi (a), Hari kelima inkubasi (b)..... | 45 |
| Gambar 4.9 | Pengujian pH menggunakan pH meter | 45 |
| Gambar 4.10 | Pengujian Fe ³⁺ | 46 |
| Gambar 4.11 | Pengujian <i>Chloride</i> | 47 |
| Gambar 4.12 | Alat <i>Titration</i> | 48 |
| Gambar 4.13 | Diagram Stiff Air Injeksi Sumur ES-031..... | 50 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Klasifikasi Padatan Pada Air Berdasarkan Diameter | 21 |
| Tabel 2.2 | Sandar Baku Mutu Kualitas Air Injeksi | 28 |
| Tabel 3.1 | Hasil Uji Laboratorium Analisa Fluida <i>Reservoir</i> Lapangan ES | 37 |
| Tabel 4.1 | Data Komposisi Ion Pada Air Injeksi Sumur ES-031..... | 49 |
| Tabel 4.2 | Data Komposisi Ion Dalam Satuan mg/l | 49 |
| Tabel 4.3 | Data Komposisi Ion Dalam Satuan meq/l..... | 50 |
| Tabel 4.4 | Unsur Terkandung di Dalam Air Injeksi Sumur ES-031 | 51 |
| Tabel 4.5 | Hasil Analisis Kualitas Air Injeksi Sumur ES-031 | 52 |

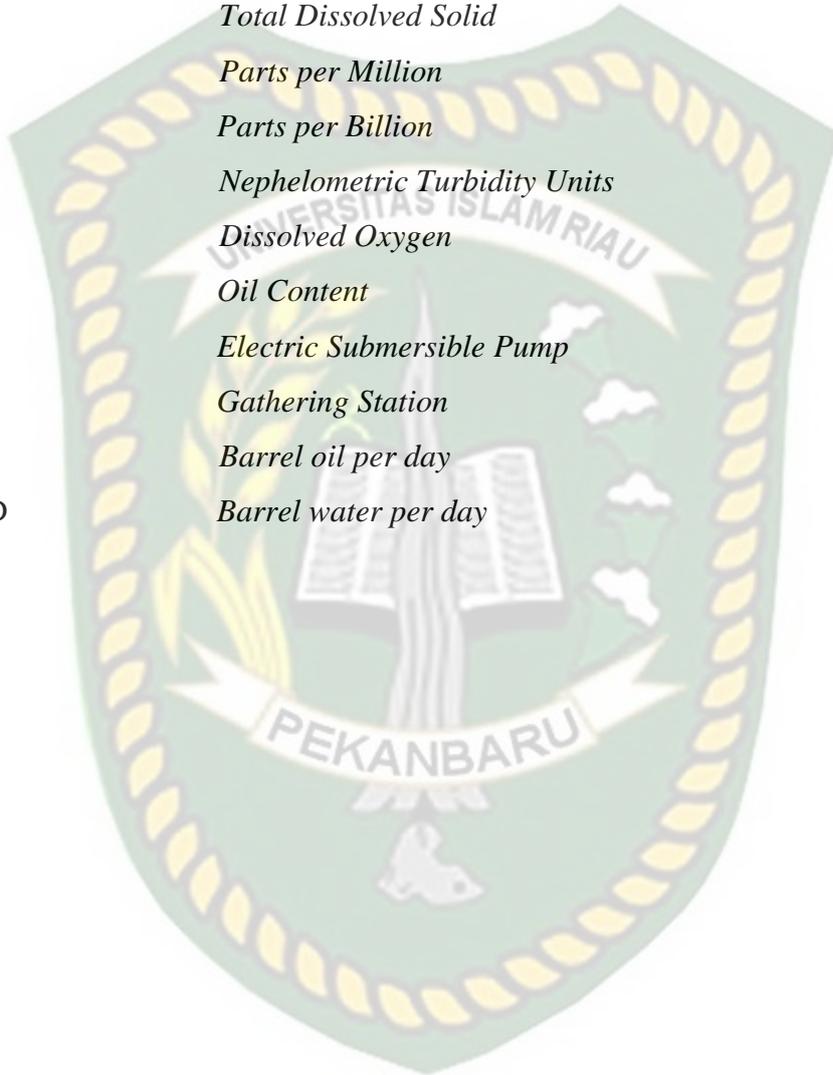
DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN I** Perhitungan Nilai Densitas Air
- LAMPIRAN II** Konversi Nilai Ion Dari ppm Ke mg/l
- LAMPIRAN III** Konversi Nilai Ion Dari mg/l Ke meq/l
- LAMPIRAN IV** Perhitungan *Scale Index*



DAFTAR SINGKATAN

| | |
|------|--------------------------------------|
| TSS | <i>Total Suspended Solid</i> |
| TDS | <i>Total Dissolved Solid</i> |
| Ppm | <i>Parts per Million</i> |
| Ppb | <i>Parts per Billion</i> |
| NTU | <i>Nephelometric Turbidity Units</i> |
| DO | <i>Dissolved Oxygen</i> |
| OC | <i>Oil Content</i> |
| ESP | <i>Electric Submersible Pump</i> |
| GS | <i>Gathering Station</i> |
| BOPD | <i>Barrel oil per day</i> |
| BWPD | <i>Barrel water per day</i> |



DAFTAR SIMBOL

| | |
|-------------------------------|--------------------|
| pH | Derajat asam basa |
| SI | <i>Scale Index</i> |
| °F | Fahrenheit |
| °C | Celsius |
| μm | Mikrometer |
| CO ₂ | Karbon Dioksida |
| H ₂ S | Hidrogen Sulfida |
| O ₂ | Oksigen |
| Ca ²⁺ | Kalsium |
| Mg ²⁺ | Magnesium |
| Na ⁺ | Natrium |
| Cl ⁻ | Klorida |
| SO ₄ ²⁻ | Sulfat |
| CO ₃ ²⁻ | Karbonat |
| HCO ₃ ⁻ | Bikarbonat |
| Fe ³⁺ | Besi |



ANALISIS KUALITAS AIR INJEKSI PADA PROSES WATER FLOODING DI BOB PT. BSP - PERTAMINA HULU

ERI SISWANTO

143210046

ABSTRAK

Metode *secondary recovery (water flooding)* dan *tertiary recovery* dilakukan pada suatu sumur migas untuk membantu proses terproduksinya minyak ke permukaan. *Water flooding* merupakan metode yang banyak digunakan karena air mudah didapatkan, pengadaan air cukup murah dan mobilitasnya rendah. Proses analisis air injeksi terbagi atas 2 parameter yakni parameter fisika dan parameter kimia. Standar baku mutu kualitas air injeksi berbeda pada setiap perusahaan, berikut adalah standar baku mutu kualitas air injeksi di BOB PT BSP-Pertamina Hulu. TSS, TDS, *Oil Content* ≤ 120 Ppm, *Turbidity* ≤ 20 NTU, *Dissolved Oxygen* ≤ 30 Ppb, Bakteri ≤ 100 Col/ml, pH 6,5-8, $Fe^{3+} \leq$ Ppm, *Chloride*, *Scale Index* ≤ 0 . Hal ini sangat penting dilakukan agar air yang diinjeksikan kedalam sumur tidak menyebabkan permasalahan.

Proses analisis kualitas air injeksi di BOB PT BSP-Pertamina Hulu yaitu dengan cara menganalisis sampel air injeksi di laboratorium. Pada penelitian ini peneliti melakukan pengujian TSS, TDS, *Oil Content*, *Turbidity*, *Dissolved Oxygen*, Bakteri, pH, Fe^{3+} , *Chloride*, dan *Scale Index* di laboratorium BOB. Peneliti juga melakukan analisis stiff diagram, dari hasil analisis yang telah dilakukan terbentuklah pola pada diagram stiff yang kemudian pola ini akan dijadikan acuan untuk diinjeksikan atau tidak air ini menuju ke lapisan target.

Kualitas air injeksi Sumur ES-031 dikategorikan baik berdasarkan standar baku mutu perusahaan dengan nilai 0,0011 ppm untuk *Total Suspended Solid*, 50600 ppm untuk *Total Dissolved Solid*, 35,03 ppm untuk *Oil Content*, 17,4 NTU untuk *Turbidity*, 25 ppb untuk *Dissolved Oxygen*, 10 col/ml untuk *Bakteri*, 7,69 untuk pH, 0,04 ppm untuk Fe^{3+} , 2880 ppm untuk *Chloride*, - 0,13 untuk *Scale Index* dan air injeksi layak untuk diinjeksikan.

Kata kunci: *water flooding*, air injeksi, *water analysis*, parameter fisika, parameter kimia

ANALYSIS OF INJECTION WATER QUALITY IN THE WATER FLOODING PROCESS AT BOB PT. BSP - PERTAMINA HULU

ERI SISWANTO

143210046

ABSTRACT

Secondary recovery (water flooding) and tertiary recovery methods are carried out on an oil and gas well to assist the process of producing oil to the surface. Water flooding is a widely used method because water is easily available, water supply is quite cheap and mobility is low. The injection water analysis process is divided into 2 parameters namely physical parameters and chemical parameters. The standard quality of injection water quality is different in each company, the following are the quality standards for injection water quality at BOB PT BSP-Pertamina Hulu. TSS, TDS, Oil Content \leq 120 Ppm, Turbidity \leq 20 NTU, Dissolved Oxygen \leq 30 Ppb, Bacteria \leq 100 Col / ml, pH 6.5-8, Fe³⁺ \leq Ppm, Chloride, Scale Index \leq 0. This is very important done so that the water injected into the well does not cause problems.

The process of analyzing injection water quality at BOB PT BSP-Pertamina Hulu is by analyzing injection water samples in the laboratory. In this study, researchers tested TSS, TDS, Oil Content, Turbidity, Dissolved Oxygen, Bacteria, pH, Fe³⁺, Chloride, and Scale Index in the BOB laboratory. Researchers also carried out stiff diagram analysis, from the results of the analysis that had been done formed a pattern on the stiff diagram which then this pattern will be used as a reference for injecting or not this water goes to the target layer.

The injection water quality of the ES-031 Well is categorized according to the company's quality standard with a value of 0.0011 ppm for Total Suspended Solid, 50600 ppm for Total Dissolved Solid, 35.03 ppm for Oil Content, 17.4 NTU for Turbidity, 25 ppb for Dissolved Oxygen, 10 col / ml for Bacteria, 7.69 for pH, 0.04 ppm for Fe³⁺, 2880 ppm for Chloride, - 0.13 for Scale Index and injection water are suitable for injection.

Keywords: *water flooding, injection water, water analysis, physical parameters, chemical parameters*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Metode *secondary recovery (water flooding)* dan *tertiary recovery* dilakukan pada suatu sumur migas untuk membantu proses terproduksinya minyak ke permukaan. *Water flooding* merupakan metode yang banyak digunakan karena air mudah didapatkan, pengadaan air cukup murah dan mobilitasnya rendah (Thomas et al.,1987). Pada proses *water flooding* dibutuhkan air injeksi, banyak komponen yang menentukan apakah air injeksi tersebut memiliki standar yang sesuai dengan standar baku mutu yang telah ditentukan. Apabila air injeksi tidak memenuhi standar baku maka air injeksi tersebut tidak layak untuk diinjeksikan, agar air injeksi memenuhi standar baku maka perlu dilakukan analisis kualitas air injeksi (Endarbudisasongko et al., 2014).

Proses analisis air injeksi terbagi atas 2 parameter yakni parameter fisika dan parameter kimia, secara umum parameter fisika terdiri dari TDS, TSS, *Oil Content*, dan *Turbidity* sedangkan parameter kimia terdiri *Dissolved Oxygen*, pH, Fe, dan Bakteri. Hal ini sangat penting dilakukan agar air yang diinjeksikan ke dalam sumur tidak menyebabkan permasalahan. Beberapa masalah yang dapat ditimbulkan oleh rendahnya kualitas air injeksi diantaranya, tersumbatnya formasi karena padatan terlarut, kerusakan formasi karena ketidakcocokan formasi dengan air injeksi, korosi dan *scaling* dari benda-benda tubular. Kualitas air injeksi yang rendah dapat menimbulkan efek yang mengganggu pada *reservoir* (Pertiwi & Arya, 2015).

Dalam penelitian ini, penulis akan melakukan *water analysis* untuk mengetahui kualitas air injeksi di BOB PT. BSP - Pertamina Hulu. Analisis dilakukan untuk mengetahui apakah kualitas air injeksi di BOB PT. BSP - Pertamina Hulu, telah memenuhi standar baku yang telah ditentukan. Ke depannya diharapkan penelitian ini dapat dijadikan acuan untuk menyelesaikan permasalahan yang sama.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan laporan penelitian Tugas Akhir dengan judul “Analisis Kualitas Air Injeksi Pada Proses *Water Flooding* di BOB PT. BSP - Pertamina Hulu ” yaitu sebagai berikut :

1. Menganalisis kualitas air injeksi agar sesuai dengan standar baku.
2. Menentukan kualitas air injeksi yang cocok untuk formasi yang sedang diteliti.

1.3 Manfaat Penelitian

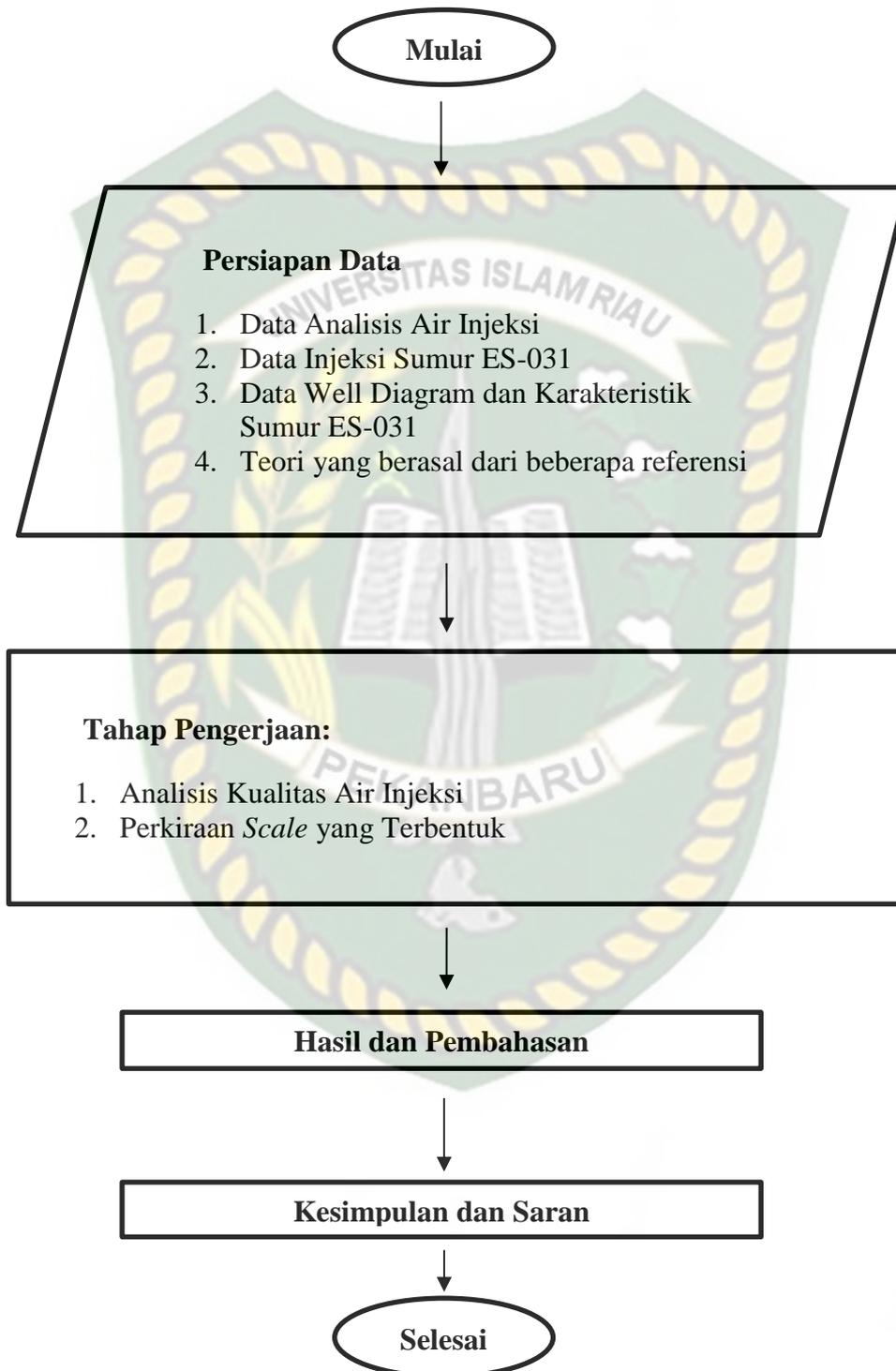
Manfaat dari Penelitian Tugas Akhir dengan judul Analisis Kualitas Air Injeksi Pada Proses *Water Flooding* di BOB PT. BSP - Pertamina Hulu yaitu sebagai berikut :

1. Memberikan pengetahuan dan pemahaman mengenai *pressure maintenance* dan *water flooding*.
2. Memberikan pengetahuan dan pemahaman mengenai proses analisis kualitas air injeksi agar sesuai standar baku.
3. Memberikan pengetahuan dan pemahaman mengenai proses dan mekanisme injeksi air di lapangan.
4. Memberikan gambaran teknis mengenai faktor-faktor penghambat dan masalah yang sering dihadapi pada proses *water flooding*.

1.4 Batasan Masalah

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Kualitas Air Injeksi Pada Proses *Water Flooding* di BOB PT. BSP - Pertamina Hulu ” ini hanya membahas mengenai analisis kualitas air injeksi di laboratorium BOB PT. BSP - Pertamina Hulu, dengan menggunakan metode analisis parameter fisika dan parameter kimia.

FLOW CHART TUGAS AKHIR



Gambar 1.1 Diagram alir penelitian

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Al-Qur'an sebagai sumber hukum Islam, secara tegas telah mengatur ketentuan tentang kepemilikan dalam Islam. Kepemilikan hakikatnya adalah, milik Allah SWT secara absolut. Dalam Al-Qur'an Surat Saba ayat 12 berbunyi "*wa asalnaa lahuu 'ainal qithr*". Jika kata "qithr" di sini diterjemahkan sebagai "ter/tir" yang merupakan "minyak mentah" maka tidak memerlukan tafsiran tambahan dengan kata "yang meleleh" seperti yang terdapat pada kitab-kitab tafsir dan Terjemah Al-Qur'an. Kalau kita teliti kembali ayat tersebut dengan seksama, ada dua kata yang menurut penulis sangat signifikan dalam mengkaji kebenaran akan ayat tersebut yaitu ASALNAA (kami alirkan) dan 'AIN (sesuatu yang dialirkan) secara bahasa biasanya berkaitan dengan benda cair. Dengan demikian QS Saba (34) ayat 12 lebih tepat terjemahannya adalah "*dan kami alirkan padanya (Nabi Sulaiman) sumur minyak (spring of oil)*". Kesimpulannya, boleh jadi sumur minyak pertama sudah ada sejak Nabi Sulaiman AS. Dalam hal ini dialirkannya minyak pada suatu tempat dapat menimbulkan munculnya suatu masalah pada produksinya diantara masalah yang dapat muncul dikemudian hari yaitu scale.

2.1 Air Injeksi

Air injeksi adalah air yang dimasukkan kedalam lapisan produktif yang ditujukan untuk menaikkan perolehan dengan sistem *pressure maintenance* ataupun *water flooding*. Air tersebut bisa berupa *fresh water sources* atau *salt water sources* yang berasal dari limbah air terproduksi atau dari sumber lain. Idealnya air injeksi tidak boleh menyebabkan kehilangan injektivitas, air injeksi tidak boleh menyebabkan korosi pada sistem injeksi. Masalah yang berhubungan dengan menangani dan menginjeksikan sejumlah besar air dapat dikontrol dengan membuat suatu spesifikasi untuk kualitas air injeksi. Beberapa masalah yang dapat ditimbulkan oleh rendahnya kualitas air diantaranya yaitu sebagai berikut : (Patton, 1995)

- a. Tersumbatnya formasi karena padatan terlarut.
- b. Kerusakan formasi karena ketidakcocokan formasi dengan air injeksi.
- c. Korosi dan *scaling* dari benda-benda tubular, bejana dan peralatan lainnya.

Masalah di atas biasanya saling terkait dan tidak berdiri sendiri. Sebagai contoh, terbentuknya endapan besi biasanya merupakan akibat dari korosi pada tubular dan suatu ketika akan menghancurkan sistem injeksi. Sebagai hasil dari proses korosi, partikel endapan besi akan meluruh, masuk ke dalam air injeksi dan menyumbat pada *sand face*. Pencemaran dalam air injeksi dapat hadir pada sumber air, terbentuk karena sistem injeksi atau ditambahkan pada sistem injeksi. Kualitas air injeksi yang rendah dapat menimbulkan efek yang mengganggu pada *reservoir*. Penyumbatan akan menurunkan laju injeksi dan efisiensi penyapuan yang pada akhirnya akan kehilangan pada pendapatan. Pengeluaran operasi akan meningkat sejalan dengan meningkatnya aktivitas *workover* dan perbaikan sistem. (Patton, 1995)

Sensitivitas formasi *reservoir* batuan pasir yang banyak mengandung *clay* akan mengembang jika kontak dengan air bersih atau air dengan kadar garam rendah. Formasi karbonat tidak secara tipikal mengandung *clay* dan tidak rentan terhadap masalah tersebut. Formasi harus dievaluasi untuk melihat kecocokannya dengan air injeksi sebelum memulai proyek injeksi apapun. Padatan terlarut distribusi dan komposisi dari padatan terlarut merupakan faktor utama dalam kontrol kualitas air injeksi. (Patton, 1995)

Korosi dalam sebagian besar situasi, sifat korosif air dikontrol dengan kehadiran gas terlarut. Gas yang paling umum menyebabkan sifat korosi air adalah Karbon Dioksida (CO_2), Hidrogen Sulfida (H_2S) dan Oksigen (O_2). Konsentrasi karbon dioksida berbeda beda pada hampir seluruh air permukaan. Air dengan pH rendah (bersifat asam) biasanya memiliki konsentrasi CO_2 yang tinggi hidrogen sulfida dapat timbul secara alami atau sebagai hasil dari aktivitas bakteri. Seluruh air permukaan dan pada beberapa air dari *reservoir* dangkal mengandung oksigen. Pada sistem logam baja, oksigen harus dipisahkan secara mekanis atau dengan proses kimiawi. Sebagian besar pencegah korosi kimiawi tidak dapat mencegah korosi dengan media oksigen. Bahkan sejumlah kecil

oksigen dapat mempercepat laju korosi. Jika oksigen dan bakteri dipisahkan dari air, korosi biasanya dapat dikontrol dengan pencegah korosi kimiawi. (Patton, 1995)

Endapan (*scale*) endapan formasi dapat membatasi aliran dalam tubular, menjadi media dari korosi yang parah dan menyumbat formasi. Endapan karbonat atau sulfat dari air biasanya dapat dikontrol dengan proses kimiawi. Endapan besi biasanya merupakan tanda dari adanya masalah dalam kontrol korosi. Lapisan endapan dapat terbentuk saat dua atau lebih air yang tidak cocok bercampur. Bakteri-bakteri pada sistem injeksi dapat menyebabkan penyumbatan biomassa pada formasi dan masalah korosi. Bakteri memberikan kontribusi pada korosi dengan membentuk hidrogen sulfida sebagai produk metabolik, menghasilkan asam organik, menghasilkan enzim yang menjadi media proses korosi elektrokimia dan mengoksidasi serta mengendapkan besi terlarut. Sebagai hasil langsung dari proses metabolik ini, biomassa bakteri terproduksi. Bakteri biasanya membentuk koloni pada material padat. Saat koloni meningkat ukurannya, sebagian koloni lepas ke dalam aliran injeksi dan terpompa ke dasar lubang. Jawaban terbaik untuk masalah bakteri adalah pencegahan. Eliminasi daerah yang tergenang dan berkecepatan rendah dimana organisme dapat melekat pada substrat dapat membantu proses kontrol. Pengawasan dengan hati-hati pada aktivitas biologis dan penanggulangan sejak dini juga penting dalam operasi yang berhasil. (Patton, 1995)

Selain itu, kehadiran minyak yang terdispersi dan teremulsi dalam air juga dapat menurunkan kualitas air juga. Minyak bukanlah padatan terlarut, tetapi mengendap di saringan. Proses filtrasi biasanya digunakan untuk memisahkan padatan terlarut dari air injeksi. Filter yang biasa digunakan antara lain :

1. *Disposable Cartridge Filters*, baik digunakan pada volume rendah dengan konsentrasi padatan terlarut yang rendah (< 50 mg/l).
2. *Sand Filters*, digunakan pada konsentrasi padatan terlarut yang rendah (< 50 mg/l).
3. *Diatomaceous Earth Filter*, cocok untuk diaplikasikan pada air dengan padatan terlarut (> 50 mg/l)

Pemakaian *Diatomaceous Earth Filter* lebih baik digunakan dengan *Disposable Cartridge Filter* karena kedua filter yang disebutkan terdahulu rentan terhadap laju yang melebihi batasan dan proses *backwash* yang tidak tepat. Data berikut ini harus disurvei dan dianalisis secara sistematis :

1. Komposisi air
2. Padatan terlarut
3. Sifat korosif
4. *Bacterial titer*
5. Kandungan minyak
6. Parameter sistem (tekanan dan temperatur)

2.2 Sifat Fisika dan Kimia Air Injeksi

2.2.1 Sifat Fisika Air Injeksi

Secara umum sifat fisika air formasi terdiri dari TDS (*Total Dissolved Solid*), TSS (*Total Suspended Solid*), *Oil Content* dan *Turbidity*.

a. *Total Dissolved Solids (TDS)*

Total Dissolved Solid (TDS) adalah jumlah semua mineral, garam, logam, serta kation-anion yang terlarut di dalam air (Charles, 1994). Menurut (Effendi & Hefni, 2003), TDS adalah bahan-bahan terlarut (diameter $< 10^{-6}$ mm) dan koloid (diameter $10^{-6} - 10^{-3}$ mm) yang merupakan senyawa-senyawa kimia dan bahan-bahan lain yang tidak tersaring pada kertas saring berdiameter 0,45 μm . TDS biasanya disebabkan oleh bahan anorganik yang berupa ion-ion yang biasa ditemukan pada perairan. TDS terukur dalam satuan *Parts per Million (ppm)* atau perbandingan rasio berat ion terhadap air (miligram/liter), (Rinawati et al., 2016).

Tabel 2.1 Klasifikasi Padatan Pada Air Berdasarkan Diameter

| | Ukuran Diameter (μm) | Ukuran Diameter (mm) |
|---------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Padatan Terlarut | $< 10^{-3}$ | $< 10^{-6}$ |
| Koloid | $10^{-3} - 1$ | $10^{-6} - 10^{-3}$ |
| Padatan Tersuspensi | > 1 | $> 10^{-3}$ |

Sumber: Rinawati et al.,(2016)

b. *Total Suspended Solids (TSS)*

Total Suspended Solids (TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi di dalam air injeksi berdiameter $> 1 \mu\text{m}$ yang tertahan pada saringan *Millipore*. *Millipore* sendiri berdiameter pori $0,45 \mu\text{m}$. TSS memiliki ambang batas nilai yakni sebesar kurang dari 2 ppm. TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan atau erosi tanah yang terbawa oleh air (Effendi & Hefni, 2003). Menurut (Charles, 1994), jumlah *suspended solids* yang dilewatkan pada membran *filter* mengestimasi kemungkinan *plugging*. Penentuan komposisi TSS dapat memberikan informasi kemungkinan asal *plugging* seperti produk korosi, partikel *scale*, pasir formasi dan lain-lain. Hal lain yang dapat mengakibatkan penyumbatan adalah sifat *corrosion*, *scale* dan kandungan bakteri pada air injeksi. Kontrol terhadap hal-hal tersebut diperlukan untuk menjaga efektivitas suatu program injeksi. Selain itu, minyak yang terkandung dalam air injeksi akan berpengaruh terhadap efektivitas injeksi. Minyak yang terkandung di dalam air injeksi dapat mengurangi permeabilitas relatif formasi terhadap air, sehingga diperlukan suatu teknik untuk memisahkan minyak dari air.

Padatan tersuspensi berkorelasi positif dengan kekeruhan. Semakin tinggi nilai padatan tersuspensi, nilai kekeruhan juga Tinggi (Effendi & Hefni, 2003). Akan tetapi, tingginya padatan terlarut tidak selalu diikuti dengan tingginya kekeruhan. Misalnya, air laut memiliki nilai padatan terlarut tinggi, tetapi tidak berarti memiliki nilai kekeruhan tinggi (Rinawati et al., 2016).

c. *Turbidity*

Turbidity atau kekeruhan adalah tingkat atau derajat yang menyatakan kejernihan dalam air. Kekeruhan ini biasanya terdiri dari partikel organik dan anorganik. Pengukuran kekeruhan ini merupakan salah satu tes utama dalam penentuan kualitas air. Alat yang digunakan dalam pengukuran kekeruhan ini adalah *Turbidity* meter dan dinyatakan dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Units*). Dimana dalam standar batasnya, nilai dari *Turbidity* untuk air injeksi adalah kurang dari 20 NTU.

d. *Oil Content*

Merupakan suatu pengukuran terhadap kadar minyak yang terdapat dalam air. *Oil Content* akan berhubungan dengan *Turbidity* karena saat air mengandung nilai *Oil Content* yang tinggi maka semakin tinggi nilai *Turbidity* nya yang berarti semakin rendah pula kualitas airnya.

2.2.2 Sifat Kimia Air Injeksi

Secara umum sifat kimia air formasi terdiri dari DO (*Dissolved Oxygen*), pH, Fe, dan Bakteri.

a. *Dissolved Oxygen* (DO)

Adalah sejumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari fotosintesa dan udara. Apabila ada kandungan oksigen dalam air formasi tersebut maka akan timbul bau yang menyengat.

b. Derajat Keasaman (pH)

Menurut (Sari & Ratna, 2011), besarnya pH air berpengaruh terhadap kadar kelarutan beberapa jenis *scale*. Semakin tinggi pH air, semakin tinggi pula kecenderungan pembentukan *scale*. Jika harga pH semakin kecil (lebih asam) kecenderungan terbentuknya *scale* akan menurun, sebaliknya kecenderungan terjadinya korosi (*corrosivity*) akan meningkat. Air formasi biasanya mempunyai pH dengan kisaran 4 sampai 8. Selain itu pH larut juga dipengaruhi oleh gas terlarut, dimana kandungan H₂S dan CO₂ yang terlarut di dalam larutan akan menurunkan pH larutan.

c. Besi (Fe³⁺)

Besi biasanya terkandung dalam air dengan konsentrasi yang relatif rendah (kurang dari 1000 mg/l), yang berupa *Ferric* (Fe³⁺) dan *Ferro* (Fe²⁺) ataupun di dalam suatu suspensi yang berupa senyawa besi yang terendapkan. Ion besi dengan konsentrasi yang tinggi biasanya menunjukkan adanya problem korosi. Selain itu adanya pengendapan senyawa besi juga mengakibatkan penyumbatan (Nasirudin & Lestari, 2015).

d. Bakteri

Bakteri pada sistem injeksi dapat menyebabkan penyumbatan biomassa pada formasi dan masalah korosi. Bakteri memberikan kontribusi pada korosi dengan membentuk hidrogen sulfida sebagai produk metabolik, menghasilkan asam organik, menghasilkan enzim yang menjadi media proses korosi elektrokimia dan mengoksidasi serta mengendapkan besi terlarut. Sebagai hasil langsung dari proses metabolik ini, biomassa bakteri terproduksi. Biasanya bakteri membentuk koloni pada material padat. Saat koloni meningkat ukurannya, sebagian koloni lepas ke dalam aliran injeksi dan terpompa ke dasar lubang. Jawaban terbaik untuk masalah bakteri adalah pencegahan. Eliminasi daerah yang menggenang dan berkecepatan rendah dimana organisme dapat melekat pada substrat dapat membantu proses kontrol. Pengawasan yang hati-hati pada aktivitas biologis dan penanggulangan sejak dini juga penting dalam operasi yang berhasil (Patton, 1995).

e. Ion-ion mayor

Ion-ion mayor dikenal sebagai ion-ion yang mempunyai presentasi terbesar yang dapat larut di dalam air. Ion mayor diklasifikasikan menjadi dua yaitu, ion-ion yang mempunyai muatan negatif (anion) dan ion-ion yang mempunyai muatan positif (kation). Secara alami, dikenal tujuh ion mayor yang dapat larut di dalam air yaitu : Kalsium (Ca^{2+}), Magnesium (Mg^{2+}), Natrium (Na^+), Klorida (Cl^-), Sulfat (SO_4^{2-}), Karbonat (CO_3^{2-}) dan Bikarbonat (HCO_3^-).

1. Kalsium (Ca^{2+})

Kalsium merupakan ion dominan yang berada pada semua mineral di bumi yang mengandung metal. Dalam air yang masih bersifat alami ion ini mempunyai presentasi yang cukup besar. Sebagai contoh, pada air tawar jumlah kalsium biasanya kurang dari 100 mg/l dan pada air laut dapat mencapai 400 mg/l, sementara pada air payau hasil proses evaporasi dapat mencapai 75000 mg/l (Jankowski, 2001). Kalsium mempunyai notasi Ca^{2+} yang berarti mempunyai muatan positif berjumlah 2. Berat atom kalsium adalah 40,078. Dalam air, kalsium dapat berupa larutan, gas, maupun padatan tergantung dari fase/tingkat reaksi kimia yang terjadi.

Di alam, sumber kalsium terbesar adalah dari batuan beku terutama yang mengandung mineral-mineral silikat, piroxin, amfibol dan feldspar (Hem & John, 1985). Mineral penghasil kalsium terbesar jika larut oleh air adalah batuan karbonat yang dapat mengandung mineral kalsit, aragonite dan dolomite. Unsur kalsium terdapat pula pada mineral di batuan sedimen yang berasosiasi dengan sulfat, gypsum dan anhidrit (Hem & John, 1985). Di air, mineral yang mengandung kalsium dapat menghasilkan rekasi pelarutan yang dapat membentuk padatan dan ada pula yang tidak. Kalsium juga merupakan komponen pembentuk *scale* yang paling dominan karena dapat bereaksi dengan ion karbonat maupun sulfat dan mengendap untuk membentuk *scale* atau padatan tersuspensi.

2. Magnesium (Mg^{2+})

Konsentrasi magnesium biasanya lebih rendah kalsium, namun sama-sama akan menimbulkan permasalahan. Reaksi antara magnesium dan ion karbonat dan sulfat akan menyebabkan pengendapan *scale* atau penyumbatan matriks batuan. Padatan yang terbentuk dari reaksi ion karbonat antara magnesium dan kalsium mempunyai perbedaan, dimana $MgSO_4$ bersifat dapat larut (*soluble*) sementara $CaSO_4$ tidak. Demikian juga jika bereaksi dengan ion sulfat.

3. Natrium (Na^+)

Natrium juga merupakan komponen yang dominan dalam air tetapi keberadaannya tidak menimbulkan masalah yang berhubungan dengan pengendapan *scale* yang tidak dapat larut, kecuali pengendapan $NaCl$ yang bersifat mudah larut yang biasanya terjadi pada air injeksi yang memiliki pH tinggi.

4. Klorida (Cl^-)

Klorida merupakan kandungan jenis anion yang paling dominan dalam air formasi maupun air tawar. Ion klorida pada umumnya membentuk senyawa dengan natrium sehingga dijadikan indikator harga salinitas dari air. Kandungan ion klorida pada air tawar mencapai 3000 mg/l, sedangkan pada air formasi dapat mencapai 20.000 sampai sampai 30.000 mg/l. Meskipun kandungan klorida yang besar dapat menyebabkan terjadinya endapan natrium klorida, hal ini tidak akan menimbulkan masalah karena mudah larut. Akan tetapi, besarnya kandungan

klorida menunjukkan tingginya salinitas air dan air dengan salinitas yang tinggi cenderung mengakibatkan korosi.

5. Sulfat (SO_4^{2-})

Kandungan ion sulfat dapat menjadi masalah jika bereaksi dengan kalsium, barium maupun stronsium. Reaksi ion-ion tersebut akan menyebabkan endapan *scale* yang tidak larut. Selain itu endapan sulfat juga merupakan sumber makanan bakteri tertentu.

6. Karbonat (CO_3^{2-}) dan Bikarbonat (HCO_3^-)

Ion-ion ini dapat membentuk endapan *scale* yang tidak larut jika bereaksi dengan kalsium dan membentuk *scale* yang larut dengan magnesium. Kandungan ion karbonat juga berpengaruh terhadap derajat keasaman (pH) larutan. Konsentrasi ion karbonat sering disebut sebagai *Phenolphthalein Alkalinity*, sedangkan konsentrasi ion bikarbonat disebut *Methyl Orange Alkalinity*.

2.3 Parameter Analisis Kualitas Air Injeksi

Parameter dalam penentuan kualitas air injeksi terbagi atas dua parameter utama yakni parameter fisika (*Phisycal Indication*) dan parameter kimiawi (*Chemical Indication*).

Parameter fisika (*Phisycal Indication*) terdiri dari :

1. TSS (*Total Suspended Solid*) adalah suatu padatan yang terdapat di dalam air injeksi seperti minyak, endapan, mikroorganisme, tanah liat dan bahan kimia yang tidak larut.
2. TDS (*Total Dissolved Solid*) adalah suatu fisik indikator yang menyatakan kadar air injeksi tersebut mengandung bakteri, *Chemical* dan solid.
3. OC (*Oil Content*) adalah seberapa banyak kandungan minyak yang terdapat di dalam air injeksi, semakin banyak kandungan minyak yang terdapat dalam air maka kejernihan akan rendah dan warnanya cenderung keruh.
4. *Turbidity* adalah suatu indikator yang menunjukkan tingkat kejernihan air injeksi.

Parameter Kimiawi (*Chemical Indication*) terdiri dari :

1. SI (*Scale Index*) adalah suatu metode atau cara yang digunakan untuk mengatasi permasalahan yang disebabkan oleh perubahan tekanan, suhu dan pH sehingga keseimbangan ion-ion akan melebihi kelarutannya dan membentuk endapan atau padatan baik di *reservoir*, formasi produktif, maupun di sepanjang pipa alir produksi. Cara penanggulangan *scale* yang umumnya dilakukan adalah penginjeksian *Chemical Scale Inhibitor* dan pengasaman.
2. DO (*Dissolved Oxygen*) adalah sejumlah oksigen terlarut dalam air yang berasal dari fotosintesa dan udara. Apabila ada kandungan oksigen dalam air formasi tersebut maka akan timbul bau yang menyengat.
3. Bakteri adalah suatu organisme yang hidup di air dengan jumlah yang banyak dan dalam organismenya bakteri terbagi menjadi 2 macam aerobik dan anaerobik.
4. pH adalah suatu tingkat keasaman pada suatu larutan yang banyak mengandung ion-ion dari Hidrogen (H^+), sedangkan untuk pOH adalah suatu tingkat kebasahan pada suatu larutan yang banyak mengandung ion-ion dari Hidroksida (OH^-)
5. Fe^{3+} (besi) adalah suatu kandungan mineral yang terdapat pada air yang dapat mempengaruhi kualitas air tersebut yang menyebabkan air tersebut kekurangan oksigen.
6. *Chloride* (Cl^-) adalah suatu kandungan mineral yang banyak terdapat dalam air. Meskipun memiliki nilai yang tinggi dalam air, klorida tidak menimbulkan masalah karena bersifat mudah larut.

Untuk mengetahui kualitas air injeksi secara cepat dan praktis digunakan sistem klasifikasi dari air formasi, hal ini dapat memudahkan pengerjaan dan pengidentifikasian sifat sifat air formasi. Hal ini akan memudahkan kita dalam korelasi terhadap lapisan-lapisan batuan dari sumur secara tepat. Beberapa kegunaan yang paling penting dari analisis air ini adalah :

- 1) Untuk korelasi lapisan batuan.
- 2) Menentukan kebocoran *casing*.

- 3) Menentukan kualitas sumber air untuk proses *water injection* maupun *water flooding*.(Charles, 1994)

2.4 Standar Baku Mutu Kualitas Air Injeksi

Analisis kualitas air untuk menentukan kualitas dari air yang akan digunakan kembali untuk injeksi. Analisis ini dilakukan dengan penganalisaan sampel dengan standar baku yang telah ditentukan.

Tabel 2.2 Standar Baku Mutu Kualitas Air Injeksi

| No | Parameter | Nilai | Unit |
|-----|------------------------------------|--------------|---------------|
| 1. | TSS (Total Suspended Solid) | - | Ppm |
| 2. | TDS (Total Dissolved Solid) | - | Ppm |
| 3. | Oil Content | ≤ 120 | Ppm |
| 4. | Turbidity | ≤ 20 | NTU |
| 5. | Dissolved Oxygen | ≤ 30 | Ppb |
| 6. | Bakteri | ≤ 100 | Col/ml |
| 7. | pH | 6,5-8 | - |
| 8. | Fe³⁺ | ≤ 1 | Ppm |
| 9. | Chloride (Cl) | - | Ppm |
| 10. | SI (Scale Index) | ≤ 0 | - |

Sumber: Endarbudisasongko et al.,(2014)

Pencemaran dalam air injeksi dapat hadir pada sumber air, terbentuk karena sistem injeksi atau ditambahkan pada sistem injeksi. Kualitas air injeksi yang rendah dapat menimbulkan efek yang mengganggu pada reservoir. Penyumbatan akan menurunkan laju injeksi dan efisiensi penyapuan yang pada akhirnya akan menyebabkan kehilangan pada pendapatan. Pengeluaran operasional akan meningkat sejalan dengan meningkatnya aktivitas *workover* dan perbaikan sistem.

2.4.1 Sensitivitas Formasi

Banyak reservoir batuan pasir mengandung *clay* yang akan mengembang jika kontak dengan air bersih atau air dengan kadar garam rendah. Formasi karbonat tidak secara tipikal mengandung *clay* dan tidak rentan terhadap masalah tersebut.

Formasi harus dievaluasi untuk melihat kecocokannya dengan air injeksi sebelum memulai proyek injeksi apapun (Patton, 1995).

2.4.2 Korosi

Dalam sebagian besar situasi sifat korosif air dikontrol seiring hadirnya gas terlarut di dalam air. Gas yang paling umum menyebabkan sifat korosi air adalah karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S) dan oksigen (O_2). Karbon dioksida hadir pada konsentrasi yang berbeda-beda pada hampir seluruh air permukaan. Air dengan pH rendah (bersifat asam) bisa memiliki konsentrasi CO_2 yang tinggi. Hidrogen sulfida dapat timbul secara alami atau sebagai hasil dari aktivitas bakteri. Oksigen hadir pada seluruh air permukaan dan pada beberapa air dari *reservoir* dangkal. Pada sistem logam baja, oksigen harus dipisahkan secara mekanis atau dengan proses kimiawi. Sebagian besar pencegah korosi kimiawi tidak dapat mencegah korosi dengan media oksigen. Bahkan sebagian kecil oksigen dapat mempercepat laju korosi. Jika oksigen dan bakteri dipisahkan dari air, korosi biasanya dapat dikontrol dengan pencegah korosi kimiawi (Patton, 1995).

2.4.3 Endapan (*Scale*)

Scale merupakan kristalisasi dan pengendapan mineral yang berasal dari hasil reaksi ion-ion yang terkandung dalam air formasi. Endapan atau *scale* yang terjadi dapat membatasi aliran fluida di dalam tubular dan dapat menjadi media dari korosi. Selain itu, endapan karbonat atau sulfat dari air biasanya dapat dikontrol dengan proses kimiawi. Adanya endapan besi biasanya merupakan tanda dari kehadiran masalah kontrol korosi. Lapisan endapan dapat terbentuk saat dua atau lebih air yang tidak cocok bercampur. Pencampuran air dapat terjadi di sumur sumber air dimana dua atau lebih formasi terbuka, dalam tubular dan fasilitas dimana air dari sumber yang berbeda tercampur dan pada sumur produksi dimana air sumber dan air dapat bercampur setelah *breakthrough* (Patton, 1995).

2.4.4 Bakteri

Bakteri pada sistem injeksi dapat menyebabkan penyumbatan biomassa pada formasi dan masalah korosi. Bakteri memberikan kontribusi pada korosi dengan membentuk hidrogen sulfida sebagai produk metabolik, menghasilkan

asam organik, menghasilkan enzim yang menjadi media proses korosi elektrokimia dan mengoksidasi serta mengendapkan besi terlarut. Sebagai hasil langsung dari proses metabolik ini, biomassa bakteri diproduksi. Biasanya bakteri membentuk koloni pada material padat. Saat koloni meningkat ukurannya, sebagian koloni lepas ke dalam aliran injeksi dan terpompa ke dasar lubang. Jawaban terbaik untuk masalah bakteri adalah pencegahan. Eliminasi daerah yang menggenang dan berkecepatan rendah dimana organisme dapat melekat pada substrat dapat membantu proses kontrol. Pengawasan yang hati-hati pada aktivitas biologis dan penanggulangan sejak dini juga penting dalam operasi yang berhasil (Patton, 1995).

2.4.5 Minyak

Kehadiran minyak yang terdispersi dan teremulsi dalam air akan menurunkan kualitas air juga. Masuknya minyak mentah adalah hal yang tipikal pada air formasi yang diproduksi. Minyak bukanlah padatan terlarut, tetapi dapat berperan pada pengendapan di saringan (Patton, 1995).

2.5 Spesifikasi Alat Spectrophotometer

Pada pengujian sampel air injeksi untuk melakukan pengujian kandungan ion - ion digunakan alat spectrophotometer. Spectrophotometer merupakan alat yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif maupun kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya.



Gambar 2.1 Spectrophotometer Dr 5000 (BOB PT. BSP – Pertamina Hulu)

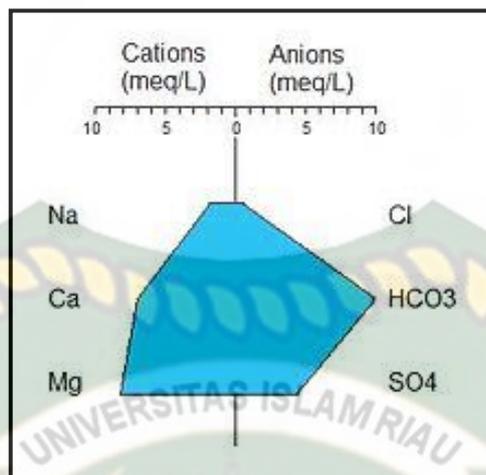
Spectrophotometer dibagi menjadi dua jenis yaitu spectrophotometer *single-beam* dan spectrophotometer *double-beam*. Perbedaan kedua jenis spectrophotometer tersebut hanya pada pemberian cahaya, dimana pada *single-beam*, cahaya hanya melewati satu arah sehingga nilai yang diperoleh hanya nilai absorbansi dari larutan yang dimasukan. Berbeda dengan *single-beam*, pada spectrophotometer *double-beam*, nilai blanko dapat langsung diukur bersamaan dengan larutan yang diinginkan dalam satu kali proses yang sama. Pada pengujian sampel yang dilakukan di BOB PT BSP – Pertamina Hulu digunakan alat spectrophotometer dengan tipe Dr 5000.

2.6 Diagram Stiff

Diagram Stiff adalah representasi grafis dari analisis kimia, yang pertama kali dikembangkan oleh H.A. Stiff pada tahun 1951. Hal ini banyak digunakan oleh ahli hidrogeologi dan geokimia untuk menampilkan komposisi ion utama dari sampel air. Bentuk poligonal dibuat dari empat sumbu horizontal paralel yang memanjang di kedua sisi sumbu nol vertikal. Kation diplot dalam miliekuivalen per liter di sisi kiri sumbu nol, satu untuk setiap sumbu horizontal dan anion diplot di sisi kanan. Pola yang Stiff berguna dalam membuat perbandingan visual yang cepat antara air dari sumber yang berbeda. Alternatif untuk diagram Stiff adalah diagram Maucha (Patton, 1995).

Diagram Stiff bisa digunakan:

1. Untuk membantu memvisualisasikan perairan terkait ion dari mana jalur aliran dapat ditentukan
2. Jika jalur aliran diketahui, untuk menunjukkan bagaimana komposisi ionik dari badan air berubah melebihi ruang dan / atau waktu.



Gambar 2.2 Contoh Diagram Stiff (wikipedia)

Diagram Stiff yang khas ditunjukkan pada gambar. Dengan konvensi standar, diagram Stiff dibuat dengan memplot konsentrasi ekuivalen dari kation ke kiri dari sumbu tengah dan anion ke kanan. Titik-titik terhubung untuk membentuk sosok. Ketika membandingkan diagram Stiff antara perairan yang berbeda, penting untuk menyiapkan setiap diagram menggunakan spesies ionik yang sama, dalam urutan yang sama, pada skala yang sama.

2.7 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian Pertiwi Andarani (2015) dengan judul Analisis Pengolahan Air Terproduksi di *Water Treating Plant* Perusahaan Eksploitasi Minyak Bumi (Studi Kasus : PT XYZ). Disimpulkan bahwa Proses pengolahan fluida produksi dimulai dari *Oil Treating Plant* yang terdiri dari pemisahan gas (gas boot) dari fluida produksi, pemisahan air (*Free Water Knock Out Tank* dan *Wash Tank*). Setelah itu, air akan diolah di *Water Treating Plant* yang terdiri dari proses *deoiling* (*Floatation Pit*, *Mechanical Floatation Unit*, *Oil Removal Filter*), dan proses penurunan kesadahan (*softener*). Berdasarkan hasil analisis, API Separator sudah memenuhi kriteria desain untuk beban permukaan (*surface loading*), tetapi untuk kecepatan horizontal pada pit#A lebih tinggi dibandingkan dengan kriteria desain. Berdasarkan hasil perhitungan, efisiensi penyisihan OC pada MFU adalah berkisar 96-98%, sedangkan turbiditas adalah berkisar 94-98%. Efisiensi penyisihan OC pada

ORF 60-65% (belum memenuhi standar operasi), penyisihan turbiditas 47-59%. Efisiensi penyisihan kesadahan (hardness) pada softener mencapai 99%.

Sedangkan berdasarkan penelitian Sefilra Andalucia (2016) dengan judul Analisis Hall Plot Untuk Mengidentifikasi *Formation Damage* dan *Performance* Injeksi Pada Kegiatan *Water Flooding* di Lapangan North Rifa PT. Pertamina EP Asset 1 Field Ramba. Pada penelitian ini dilakukan analisis Hall Plot pada lapangan yang berada di PT. Pertamina EP Asset 1 Field Ramba yaitu lapangan North Rifa. Untuk mengetahui kerusakan formasi pada lapangan tersebut, dilakukan beberapa tahapan analisis, yaitu analisis kerusakan formasi, analisis kualitas air injeksi, analisis kelayakan stimulasi, dan tahapan terakhir berupa pembahasan dari analisis lapangan tersebut. Berdasarkan kualitas air injeksi, kita bisa melihat bagaimana kualitas air yang diinjeksikan apakah dalam keadaan baik ataukah buruk yang dapat berpengaruh pada proses injeksi. Parameter yang penting adalah *Scale Index* (SI), *Potential of Hydrogen* (pH), *Relative Plugging Index* (RPI), *Oil Content*(O/C), serta *Total Suspended Solid* (TSS) karena kelima hal ini merupakan parameter yang dapat memberikan informasi apakah air yang diinjeksikan cenderung akan membentuk *plugging* atau *scale* yang dapat menghambat air untuk masuk ke reservoir. Dari hasil lab yang menunjukkan kualitas air injeksi, ternyata nilai SI, RPI, pH, O/C, dan TSS lebih besar dari standar yang telah ditentukan dan nilai scale index menunjukkan nilai yang *postif*. Artinya sumur di lapangan North Rifa berdasarkan kualitas air yang diinjeksikan cenderung berpotensi untuk membentuk penyumbatan pada formasi atau sangat berpotensi untuk terjadinya *scale*. Hal ini mendukung data data sebelumnya yang mengindikasikan bahwa beberapa sumur yang dianalisis mengalami masalah *plugging* atau *scale*.

BAB III

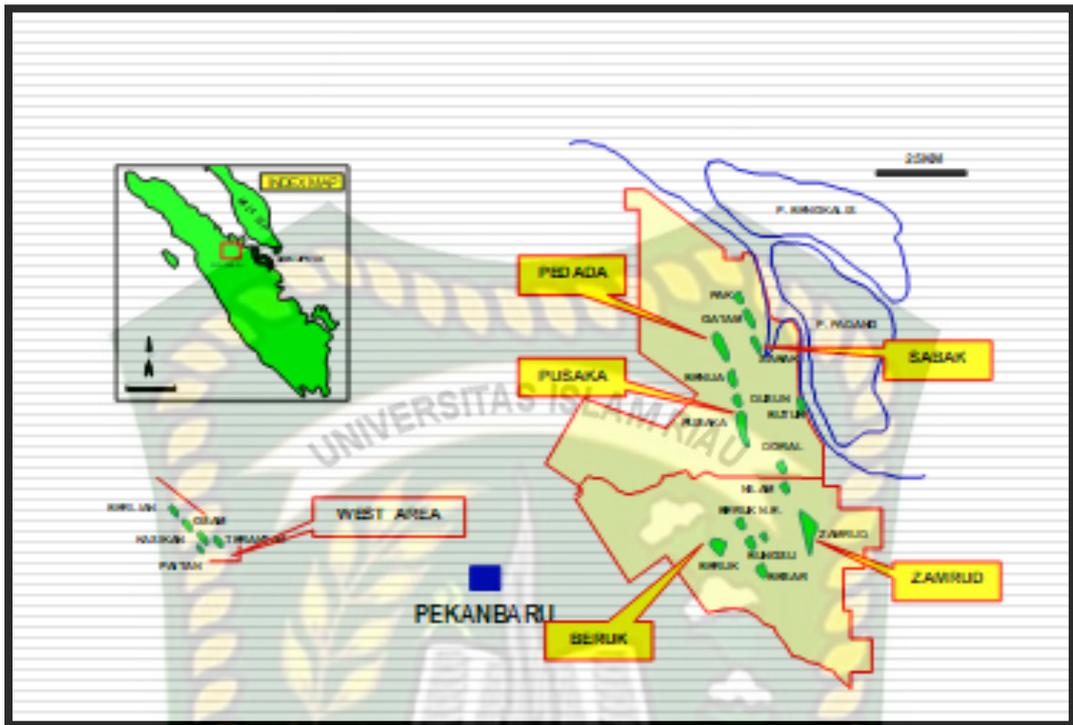
GAMBARAN LAPANGAN

Badan Operasi Bersama PT. Bumi Siak Pusako - Pertamina Hulu terletak di Kabupaten Siak, Riau. Terdapat 26 lapangan produksi dan terbagi dalam tiga area, yaitu Zamrud Area, Pedada Area, dan *West* Area di wilayah kerjanya.

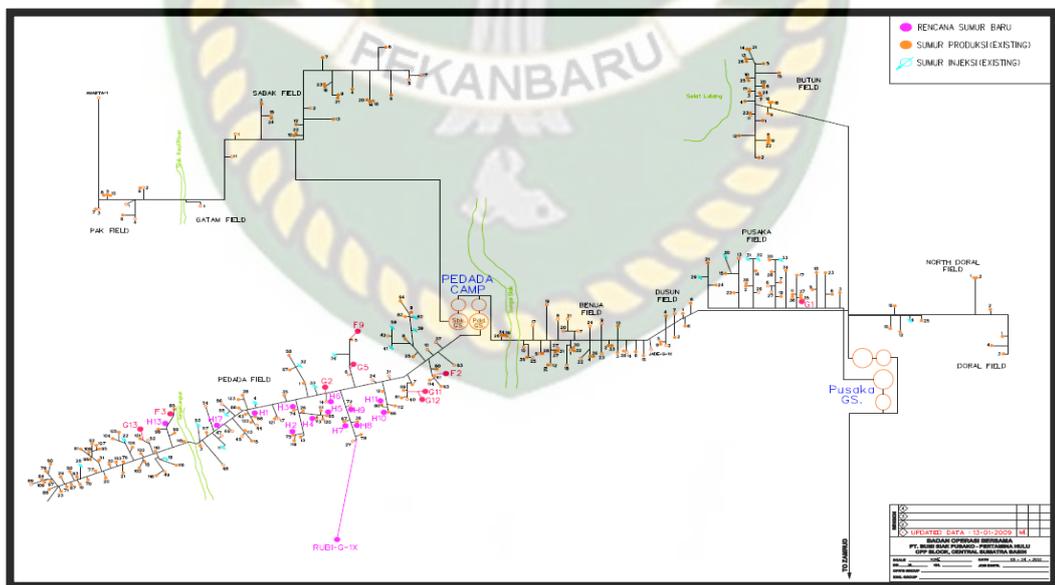
3.1 Letak Geografis dan Sejarah Area BOB PT. BSP - Pertamina Hulu

Badan Operasi Bersama PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu merupakan peninggalan sekaligus warisan dari PT. Caltex Pacific Indonesia, yang sejarahnya dimulai pada tahun 1972 di Kasikan. Setelah itu mulailah ditemukan lagi sumur-sumur baru seperti sumur di Pedada yang ditemukan pada tahun 1973, berlanjut dengan ditemukannya sumur di Zamrud area pada tahun 1975, dan berlanjut ke sumur – sumur lainnya di berbagai lapangan. Badan Operasi Bersama (BOB) PT. Bumi Siak Pusako (BSP) - Pertamina Hulu terbentuk dari tumbuhnya kesadaran untuk memberikan porsi yang seimbang bagi pemerintah daerah untuk menikmati dan mengelola hasil sumber daya alam daerahnya. Kewenangan pengelolaan ini diserahkan kepada PT. Bumi Siak Pusako (BSP) dan PT. Pertamina Hulu dari pemerintah Republik Indonesia melalui BPMIGAS.

Secara geografis lapangan ini terletak di bagian Timur Cekungan Sumatera Tengah yang merupakan salah satu cekungan tersier di Pulau Sumatera. Kerangka tektonik Sumatera merupakan busur magmatik yang berhubungan dengan Lempeng Indo - Australia terhadap Lempeng Eurasia pada arah N 6°. Wilayah kerja BOB PT. BSP - Pertamina Hulu dengan luas sebesar 9.135,06 km² terletak di propinsi Riau yang tercakup dalam Kabupaten Siak, Bengkalis, Kampar dan Rokan Hulu. Peta wilayah kerja BOB PT. BSP - Pertamina Hulu dan peta lokasi sumur Lapangan Pedada digambarkan dalam gambar 3.1 dan gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.1 Peta Wilayah Kerja BOB PT. BSP - Pertamina Hulu (BOB PT. BSP - Pertamina Hulu)



Gambar 3.2 Peta Lokasi Sumur Lapangan Pedada BOB PT. BSP - Pertamina Hulu (BOB PT. BSP - Pertamina Hulu)

Pada umumnya struktur tanah di lapangan BOB PT. Bumi Siak Pusako Pertamina Hulu adalah gambut, oleh karena itu setiap tahunnya ketinggian struktur tanah cenderung menurun. Pada sekitar tahun 1980, program pengembangan lapangan produksi dilakukan untuk mengembangkan lapangan dengan spasi 248 acre dilakukan pemboran 10 sumur pengembangan. Tahun 1981, sebanyak 4 sumur kembali dibor. Yang terdiri dari 2 sumur deliniasi dan 2 sumur infill (@ 62 acre). Metode produksi pada sumur di BOB PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu semuanya adalah Artificial Lift, dengan pengelolaan operasi produksi zero discharge water dan sebagian besar menggunakan ESP (Electric Submersible Pump).

3.2 Sejarah Lapangan ES

Dalam upaya pencarian minyak Sumatera Bagian Tengah operasi lapangan ES dimulai pada tahun 1976 yang minyaknya pertama kali dikirim ke refinery sungai pakning. Produksi minyak pada saat itu rata-rata 40.000 BOPD pada tahun 1994 pengiriman melalui pakning diberhentikan. Pada saat sekarang pengiriman melalui GS Zamrud dan GS Pusaka dimana produksi rata-rata mencapai 15.000 bbl. Tahun 2002 kontrak dengan CPI berakhir dan kemudian dikelola oleh BOB PT.BSP – Pertamina Hulu sampai saat ini.

Lapangan ini di produksi pertama kali dengan 8 sumur produksi. Saat ini jumlah sumur produksi sebanyak 157 sumur dengan 83 produksi sumur aktif dan 53 produksi sumur yang sudah tidak dioperasikan, 18 sumur injeksi air aktif serta 3 sumur injeksi air yang sudah tidak dioperasikan dengan total produksi sebesar 2.490,01 BOPD .

3.3 Karakteristik Fluida dan Reservoir Lapangan ES

Setiap reservoir yang ada memiliki sifat fisik yang berbeda. Hal ini tergantung kepada *temperature* dan tekanan saat terbentuk hidrokarbon tersebut. Untuk Lapangan Pedada, berdasarkan hasil uji laboratorium analisis fluida *reservoir* diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel 3.1 Hasil Uji Laboratorium Analisis Fluida *Reservoir* Lapangan ES

| <i>Determination</i> | <i>Unit</i> | <i>Crude Oil Pedada</i> |
|----------------------------------|-------------|-------------------------|
| <i>Specific gravity at 60 °F</i> | - | 0.87 |
| <i>API Gravity</i> | °API | 36,8 |
| <i>Viscosity kinematik at:</i> | CSt | |
| <i>100 °F</i> | | 39.74 |
| <i>135 °F</i> | | 17.51 |
| <i>140 °F</i> | | 15.85 |
| <i>170 °F</i> | | - |
| <i>212 °F</i> | | - |
| <i>Pour point</i> | °C | 28 |
| <i>Asphaltine Content</i> | % | 0.06 |

Sumber: BOB PT. BSP - Pertamina Hulu

Tabel 3.1 menunjukkan hasil analisis fluida dari lapangan ES terdiri dari *Specific gravity*, *API gravity*, viskositas kinematik, *pour point* dan *asphaltine content*. *Specific gravity* dan *API gravity* merupakan data untuk menentukan jenis *crude oil*. Berdasarkan data yang diperoleh nilai *specific gravity* dan *API gravity* *crude oil* lapangan ES termasuk jenis *light oil* karena nilai *API gravity* > 31,1 °API.

Viskositas kinematik merupakan ukuran aliran dan tahanan suatu fluida. Viskositas yang rendah menyebabkan tahanan suatu larutan juga dan diidentifikasi sebagai kekentalan yang rendah (Cromack, 1999). *Crude oil* biasanya memiliki viskositas 5 hingga 25000 centistokes pada 15°C (Nordvick et al, 1996). Nilai viskositas kinematik *crude oil* lapangan ES bisa diukur pada temperatur 100°F (37°C), ini menunjukkan tahanan *crude oil* lapangan ES tidak tinggi.

Pour point merupakan temperatur dimana fluida mulai bisa mengalir. Nilai *pour point* 28°C menunjukkan temperatur dimana fluida yang di uji mulai membentuk stuktur semi padat yaitu temperatur tersebut *crude oil* sudah dapat mengalir. Minyak yang lebih ringan dengan viskositas dan kerapatan rendah memiliki titik tuang yang lebih rendah. Biasanya *light oil* memiliki nilai *pour point* berkisar 26°C hingga 32°C (Doerffer, 1992).

Asphaltine yang terkandung dalam *crude oil* lapangan ES adalah 0,06 %. *Asphaltine* merupakan *emulsifying agent* pembentukan tetesan emulsi dan membentuk lapisan film.

3.4 Proses Aliran Fluida *Gathering Station X*

Fluida dari setiap well akan dialirkan menuju Stasiun Pengumpul. Fluida tersebut awalnya akan masuk ke *gasboot* pada tahap ini akan di pisahkan antara fluida dan gas, gas akan di alirkan ke *flare stack* untuk dibakar dan fluida akan masuk ke *wash tank* untuk memisahkan minyak dari air.

Gathering Station X memiliki 2 *wash tank* yang masing masing berkapasitas 12.000 bbls. Minyak akan mengalir menuju *shipping tank*. *Gathering Station X* memiliki dua buah *shipping tank* yang berkapasitas 4.000 bbls. Air dari *wash tank* dialirkan menuju dua unit *balance tank* . *Balance tank* membersihkan air yang terproduksi di *Gathering Station* sebelum air tersebut di injeksikan kembali. Air dialirkan menuju *hydro cyclone* yang bertujuan untuk menghilangkan film-film minyak yang kemudian dialirkan menuju *filter unit* yang berfungsi untuk filtrasi atau penjernihan air terproduksi yang mengandung *suspended solid* dan *oil drop* dengan cara melewati pada *filter media* yaitu *walnut* 80% dan *pecan* 20%, alat ini sudah didesain sedemikian rupa, sehingga air yang keluar diharapkan memiliki tingkat kejernihan < 20 NTU (*Normally Turbidity Unit*) Setelah dari *filter unit* air akan di alirkan menuju *suction tank* yang kemudian akan diinjeksikan menuju *water injection well*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Water injection merupakan proses menginjeksikan air dari sumur injeksi ke dalam lapisan formasi yang sama dengan sumur produksi. Salah satu tujuan injeksi air adalah untuk mempertahankan tekanan di *reservoir* (*pressure maintenance*). Sebelum dilakukannya proses *water injection* air yang akan diinjeksikan harus diujikan terlebih dahulu, karena jika air yang akan diinjeksikan tidak sama kualitasnya dengan air formasi di lapisan target maka akan menimbulkan masalah pada lapisan tersebut (Patton, 1995).

Proses menganalisis air injeksi merupakan suatu rangkaian analisis pada semua komponen komponen yang ada di dalam air injeksi. Baik dalam parameter kimia maupun fisika. Air injeksi sendiri memiliki banyak komponen yang menentukan apakah air tersebut memiliki standar yang sesuai dengan baku mutu yang telah ditentukan. Standar tersebut berbeda beda pada setiap perusahaan. Standar Baku Mutu Kualitas Air Injeksi di BOB PT BSP-Pertamina Hulu dapat dilihat pada tabel 2.2 Standar Baku Mutu Kualitas Air Injeksi.

4.1 Proses Analisis Kualitas Air Injeksi

Berdasarkan data yang didapat pada Lapangan ES terdapat 40 sumur yang aktif. 10 sumur diantaranya adalah sumur *water injection* dan 30 sumur lainnya adalah sumur produksi. Dengan jumlah produksi minyak sebesar 1200 BOPD. Dan jumlah air pada Lapangan ES sebesar 30000 BWPD. Pada proses *water injection* air yang diinjeksikan merupakan air dari seluruh PSK Area yang telah di *treatment* di *hydro cyclone* sehingga menjadi air yang siap di injeksikan. Proses analisisnya sendiri terbagi atas 2 parameter yakni parameter kimia dan parameter fisika.



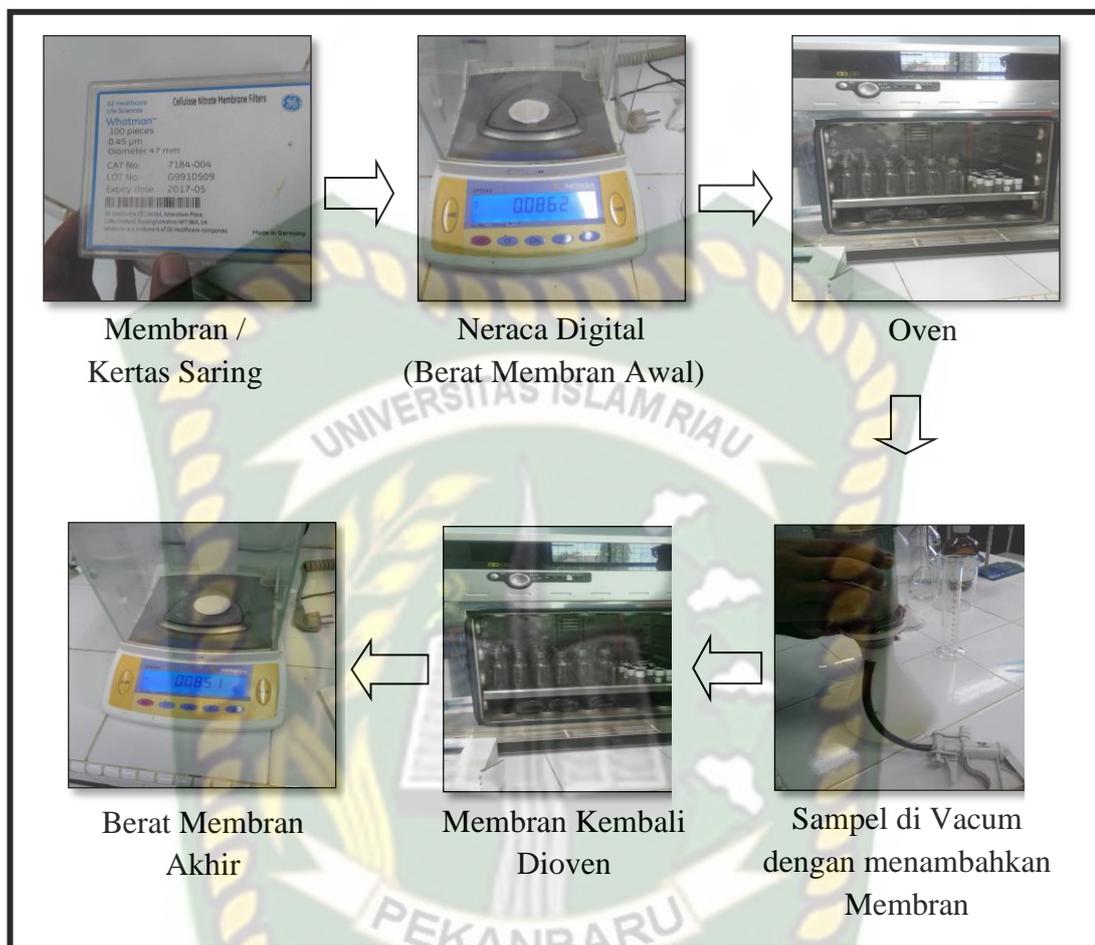
Gambar 4.1 *Hydro cyclone* (dokumentasi penulis)

4.1.1 Analisis Berdasarkan Parameter Fisika (*Physical Indication*)

Analisis kualitas air injeksi berdasarkan parameter fisika. Adapun pengujian yang dilakukan berdasarkan parameter fisika adalah sebagai berikut:

1. Analisis TSS (*Total Suspended Solid*)

Analisis TSS dilakukan untuk mengetahui jumlah padatan yang masih terikut serta dalam air injeksi. Apabila hal ini tidak ditangani maka akan menimbulkan suatu kerusakan dan kerugian pada sistem produksi. Semakin besar kandungan *solid* maka akan menyebabkan *flack* pada lapisan formasi. Hal ini akan berdampak buruk karena dapat menyebabkan mengecilnya permeabilitas batuan sehingga menurunkan produksi. Sebaliknya apabila semakin kecil nilai *solid* yang terlarut maka semakin baik pula air injeksi tersebut digunakan. Pengujian nilai TSS pada sampel menunjukkan bahwa *Total Suspended Solid* yang ada dalam air injeksi sebesar 0,0011 dan memenuhi range standar baku.



Gambar 4.2 Pengujian TSS (dokumentasi penulis)

2. Analisis TDS (*Total Dissolved Solid*)

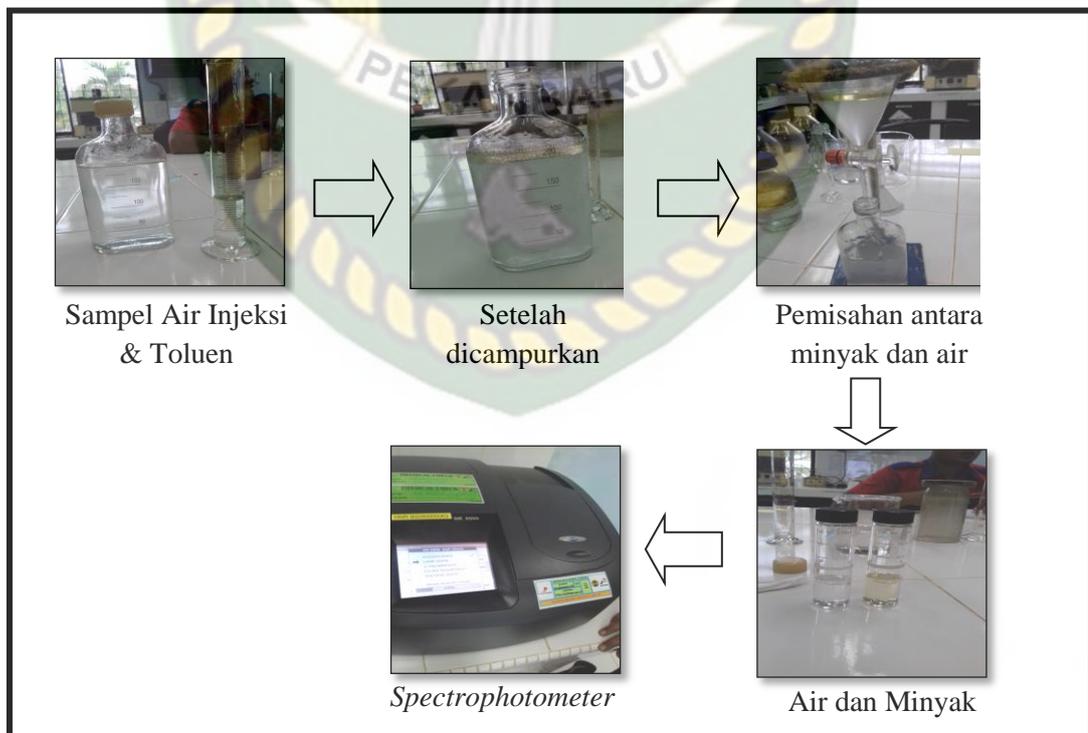
Pada Pengujian analisis sampel air injeksi untuk nilai *Total Dissolved Solid* pada Sumur ES-031 didapatkan hasil 50600 ppm dan memenuhi range standar baku. Nilai TDS diukur untuk menganalisis jumlah padatan yang tidak terlarut dalam air injeksi. Apabila nilai TDS terlalu tinggi maka akan menyebabkan terjadinya *scale* atau endapan yang akan menghambat atau mengurangi jumlah produksi.



Gambar 4.3 Pengujian TDS menggunakan TDS meter (dokumentasi penulis)

3. Analisis Oil Content

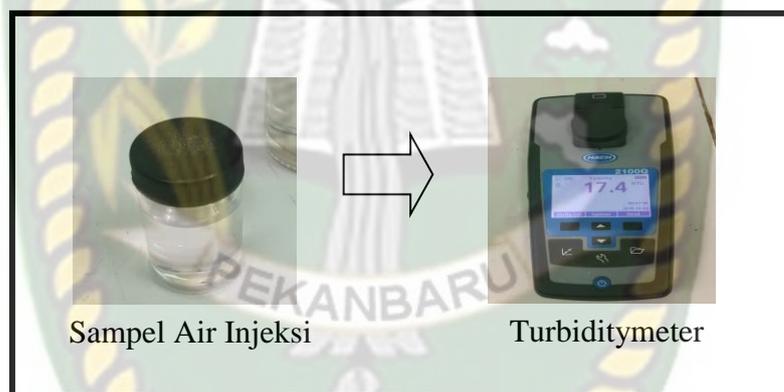
Pada pengujian analisis sampel untuk *oil content* telah didapatkan hasil analisis nilai *oil content* yakni sebesar 35,03 ppm. Nilai ini sudah memenuhi standar batas baku mutu perusahaan yakni sebesar ≤ 120 ppm (Endarbudisasongko et al., 2014). Analisis ini sendiri dilakukan untuk melihat persentase *oil* yang masih larut dalam air injeksi. Dimana semakin besar nilai *oil content* dalam air injeksi maka air tersebut perlu dilakukan *treatment* kembali untuk mengurangi kadar *oil* nya.



Gambar 4.4 Pengujian Oil Content (dokumentasi penulis)

4. Analisis Kejernihan Air Injeksi (*Turbidity*)

Kualitas dari air injeksi ditentukan dari seberapa jernih air injeksi tersebut. Semakin keruh air injeksi maka kualitas dari air injeksi semakin buruk dan sebaliknya semakin jernih air injeksi maka semakin bagus kualitas air tersebut. Hal ini dikarenakan saat air injeksi semakin keruh mengidentifikasi banyaknya *solid* yang terkandung dalam air injeksi tersebut yang dapat menyebabkan masalah di kemudian hari. Standar baku mutu yang ditetapkan oleh perusahaan adalah sebesar 20 NTU (Endarbudisasongko et al.,2014). Dan pada pengukuran *turbidity* dari sampel di dapatkan hasil 17,4 NTU yang berarti nilai *turbidity* pada sampel air injeksi Sumur ES-031 telah sesuai dengan standar yang ditetapkan dan dalam kategori baik.



Gambar 4.5 Pengujian *Turbidity* (dokumentasi penulis)

4.1.2 Analisis Berdasarkan Parameter Kimiawi (*Chemical Indication*)

Selain parameter fisika, air injeksi juga mengandung parameter kimia. Pada proses analisis kualitas air injeksi berdasarkan parameter kimia, dilakukan dengan menambahkan zat zat kimia untuk mendapatkan hasil analisis. Adapun pengujian yang dilakukan berdasarkan parameter kimia adalah sebagai berikut :

1. Analisis DO (*Dissolved Oxygen*)

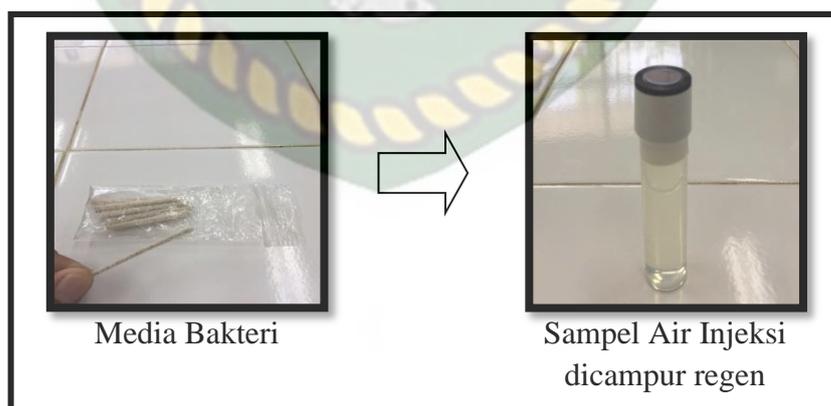
Dari hasil analisis DO didapat nilai sebesar 25 ppb, dengan standar baku mutu di BOB PT BSP-Pertamina Hulu, ≤ 30 ppb maka nilai DO pada sampel dinilai sudah memenuhi standar yang ada (Endarbudisasongko et al.,2014). Pengukuran DO dilakukan dengan menggunakan alat.



Gambar 4.6 Peralatan Pengujian *Dissolved Oxygen* (dokumentasi penulis)

2. Analisis Bakteri

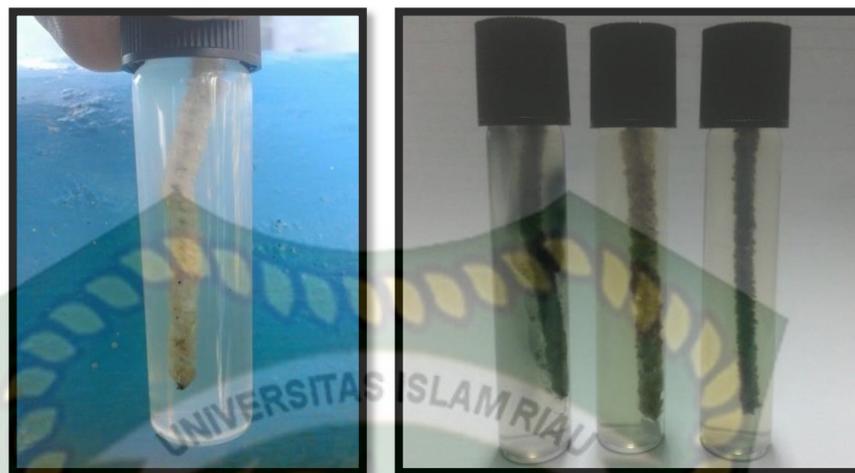
Analisis ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana perkembangan bakteri dalam air injeksi. Pertumbuhan bakteri dalam air injeksi dapat menjadi salah satu penyebab timbulnya korosi. Metode pengukuran Bakteri dilakukan dengan menggunakan metode SANI-CHECK SRB. SANI-CHECK SRB adalah tabung media kultur yang diformulasikan secara khusus untuk mendorong pertumbuhan bakteri. Dalam pengukuran nilai Bakteri ini kita harus mengamati sampel selama 3-7 hari untuk dapat melihat perkembangan bakteri tersebut. Pada pengujian sampel yang dilakukan didapat nilai Bakteri sebesar 10 Col/ml (Endarbudisasongko et al.,2014). Dan nilai ini sangat kecil jika dibandingkan dengan standar yang ada. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri dalam air injeksi dapat ditekan sehingga kualitas air injeksi dapat dikategorikan baik.



Media Bakteri

Sampel Air Injeksi
dicampur reagen

Gambar 4.7 Pengujian Bakteri (dokumentasi penulis)



a

b

Gambar 4.8 Hari pertama inkubasi (a), Hari kelima inkubasi (b)

3. Analisis pH

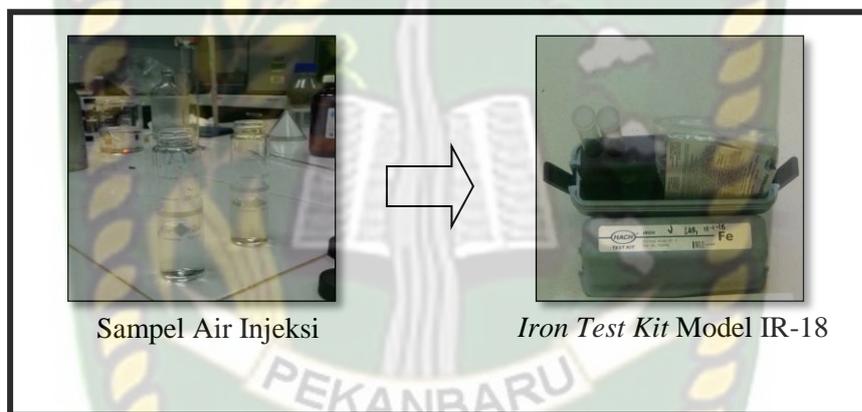
Analisis pH dilakukan untuk mengetahui sifat dari air injeksi. Dalam pengujian ini terdapat standar batas pH yang diperbolehkan yakni antara pH 6,5 sampai 8. Hal ini dikarenakan saat air memiliki nilai pH diatas 8 maka sifat dari air injeksi tersebut adalah basa yang mana sifat ini akan menyebabkan terjadinya *scale*. Sementara jika nilai pH nya kurang dari standar yang ditetapkan maka akan membentuk sifat asam yang dapat menyebabkan terjadinya korosi. Pada sampel air injeksi yang telah diujikan memiliki nilai pH sebesar 7,69 yang berarti telah sesuai dengan standar yang ditetapkan perusahaan (Endarbudisasongko et al.,2014).



Gambar 4.9 Pengujian pH menggunakan pH meter (dokumentasi penulis)

4. Analisis Fe^{3+}

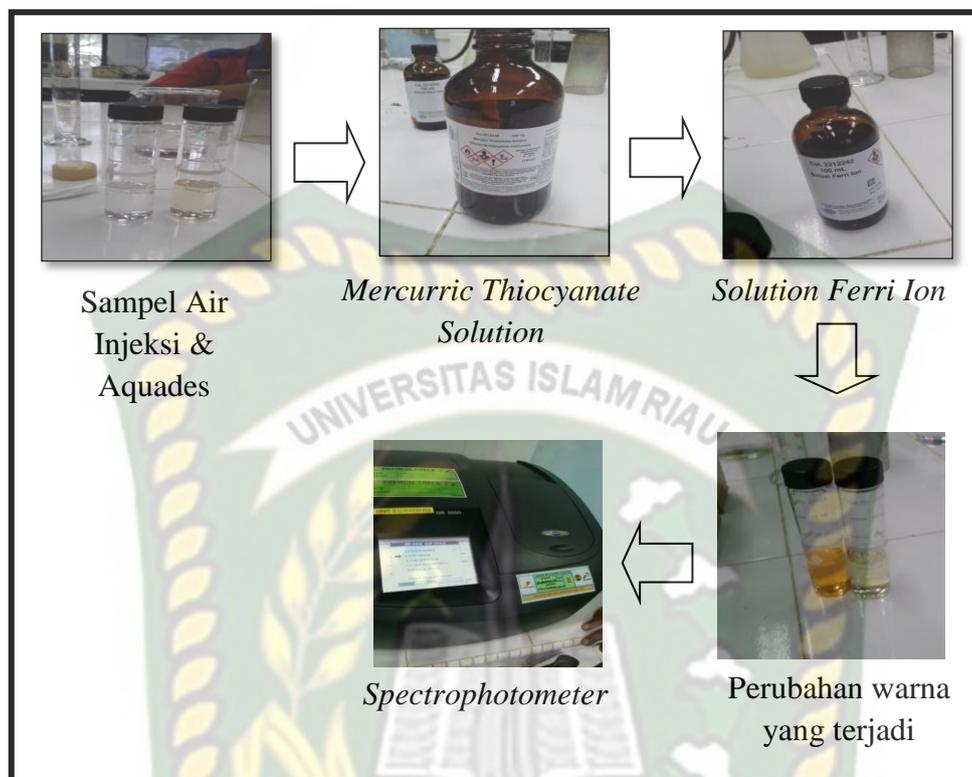
Analisis Fe^{3+} dilakukan untuk mengetahui seberapa besar dampak korosi pada peralatan yang diakibatkan oleh Fe^{3+} . Karena Fe^{3+} merupakan kandungan besi yang terdapat dalam air injeksi maka semakin tinggi nilai Fe^{3+} , semakin besar pula dampak korosi pada peralatan yang digunakan. Pada pengujian ini digunakan alat *Iron Test Kit Model IR- 18* dengan hasil nilai Fe^{3+} menunjukkan angka 0,04 ppm, yang mana nilai ini masih berada dibawah batas standar yang ada (Endarbudisasongko et al.,2014). Hal ini menunjukkan bahwa kualitas air injeksi dalam kategori baik.



Gambar 4.10 Pengujian Fe^{3+} (dokumentasi penulis)

5. Analisis *Chloride* (Cl^-)

Analisis *chloride* dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak jumlah *chloride* yang terkandung dalam air injeksi. Pengujian ini dilakukan dengan mengidentifikasi perubahan warna pada air injeksi. Air injeksi yang mengandung banyak *chloride* akan berubah warna menjadi kuning setelah ditetesi larutan *Mercurric Thiocyanate Solution* dan juga *Solution Ferri Ion*. Pada pengujian sampel yang dilakukan untuk air injeksi Sumur ES-031 nilai klorida nya sebesar 2880 ppm dan memenuhi range standar baku.



Gambar 4.11 Pengujian *Chloride* (dokumentasi penulis)

6. *Scale Index*

Pengambilan *sample* air injeksi dilakukan untuk melihat ion-ion yang terbentuk di dalam air injeksi, pengambilan *sample* dilakukan di *surface* pada *outlate pump* pada suhu 145,4°F. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana perkembangan *scale* dalam air injeksi. Pertumbuhan *scale* dalam air injeksi dapat menimbulkan penyumbatan. Analisis *Scale Index* dapat dilihat pada lampiran IV.

7. Analisis Kandungan Ca^{2+} dalam ppm

Metode yang digunakan untuk analisa kandungan Ca^{2+} yaitu dengan metode titrasi (*titration*). Proses analisa Ca^{2+} yaitu dimulai dengan memasukan 10 ml sampel air injeksi ke dalam erlenmayer, kemudian ditambahkan 6 tetes larutan NaCl dan 2 tetes indikator *reside*. Setelah itu di titrasi dengan larutan EDTA sampai berwarna ungu tua. Hasil dari pengujian Ca^{2+} didapatkan hasil sebesar 18,18 ppm dan memenuhi range standar baku (Endarbudisasongko et al.,2014).



Gambar 4.12 Alat *Titration* (dokumentasi penulis)

8. Analisis Kandungan Mg^{2+} dalam ppm

Di dalam menganalisa kandungan Mg^{2+} di dalam air injeksi, metode yang digunakan adalah metode titrasi. Dimulai dengan menambahkan larutan *Buffer Solution Harness* kemudian ditambahkan indikator untuk mengukur Mg^{2+} . Setelah itu dilakukan titrasi hingga sampel mengalami perubahan warna. Hasil dari analisa Mg^{2+} sebesar 15,26 ppm dan memenuhi range standar baku (Endarbudisasongko et al.,2014).

9. Analisis Kandungan CO_3^{2-} dalam ppm

Metode yang digunakan dalam analisa kandungan CO_3^{2-} dalam air injeksi yaitu dengan menggunakan metode titrasi. Cara kerjanya ialah dengan menambahkan 3 tetes larutan *indicator phenolptalein* kedalam 10 ml sampel air injeksi, lalu ditambahkan dengan larutan H_2SO_4 sampai larutan mengalami perubahan warna menjadi merah muda. Nilai kandungan CO_3^{2-} pada sampel sebesar 60,48 ppm dan memenuhi range standar baku (Endarbudisasongko et al.,2014).

10. Analisis Kandungan HCO_3^- dalam ppm

Dalam melakukan analisis kandungan HCO_3^- di dalam air injeksi yaitu dianalisa dengan menggunakan metode titrasi. Dimana cara kerjanya yaitu dengan

menambahkan 2 tetes *metil orange* ke dalam 10 ml sampel air injeksi, kemudian dititrasi dengan H_2SO_4 sampai warna sampel berubah menjadi kuning kemerah-merahan. Nilai kandungan HCO_3^- pada sampel sebesar 1350,72 ppm dan memenuhi range standar baku (Endarbudisasongko et al.,2014).

4.2 Analisis Stiff Diagram

Stiff Diagram merupakan salah satu diagram yang digunakan untuk melihat konsentrasi dari ion-ion yang terkandung dalam air injeksi maupun formasi.

Tabel 4.1 Data Komposisi Ion Pada Air Injeksi Sumur ES-031

| <i>Ion Concentration</i> | | <i>Ion Concentration</i> | |
|--------------------------|------------|--------------------------|------------|
| Cation | ppm | Anion | ppm |
| Na^+ | 1296 | Cl^- | 2880 |
| Ca^{2+} | 18,18 | HCO_3^- | 1350,72 |
| Mg^{2+} | 15,26 | SO_4^{2-} | 3,00 |
| Fe^{3+} | 0,04 | CO_3^{2-} | 60,48 |

1. Hitung nilai ρ_w dengan menggunakan diagram 4.1 pada lampiran I
 $\rho_w = 1,0336 \text{ g/ml}$
2. Konversikan nilai *Ion Concentration* dari ppm ke mg/l
 $\text{Na}^+ = 1296 \times 1,0336$
 $= 1339,54$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran II

Tabel 4.2 Data Komposisi Ion Dalam Satuan mg/l

| <i>Ion Concentration</i> | | <i>Ion Concentration</i> | |
|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------|
| Cation | mg/l | Anion | mg/l |
| Na^+ | 1339,54 | Cl^- | 2976,76 |
| Ca^{2+} | 18,79 | HCO_3^- | 1396,10 |
| Mg^{2+} | 15,77 | SO_4^{2-} | 3,10 |
| Fe^{3+} | 0,041 | CO_3^{2-} | 62,51 |

3. Hitung nilai *Ion Concentration* dalam meq/l

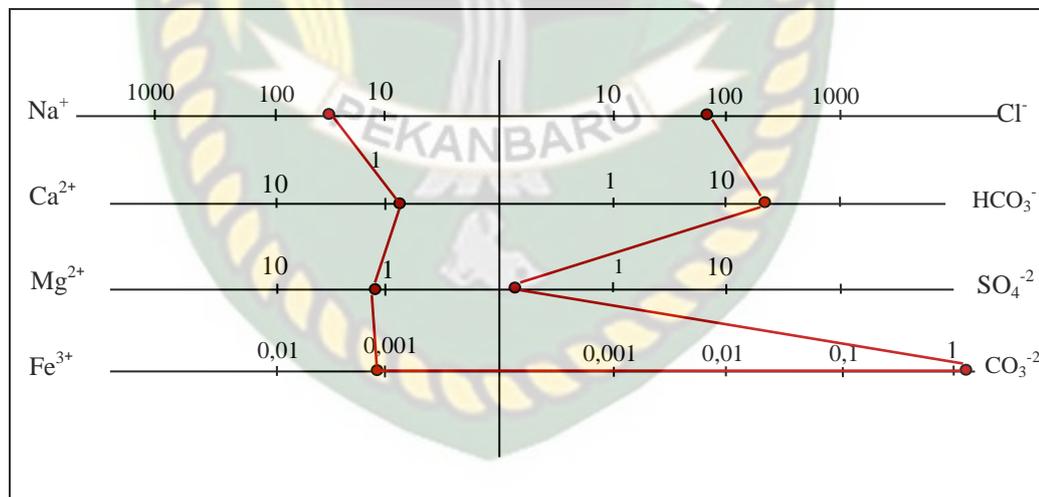
$$\text{Na}^+ = \frac{1339,54 \text{ mg/l}}{22,99 \text{ mg/meq}}$$

$$= 58,2 \text{ meq/l}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada lampiran III

Tabel 4.3 Data Komposisi Ion Dalam Satuan meq/l

| <i>Ion Concentration</i> | | <i>Ion Concentration</i> | |
|--------------------------|--------------|------------------------------------|--------------|
| Cation | meq/l | Anion | meq/l |
| Na⁺ | 58,2 | Cl⁻ | 83,97 |
| Ca²⁺ | 0,94 | HCO₃⁻ | 22,98 |
| Mg²⁺ | 1,29 | SO₄⁻² | 0,06 |
| Fe³⁺ | 0,002 | CO₃⁻² | 2,08 |



Gambar 4.13 Diagram Stiff Air Injeksi Sumur ES-031

Pada hasil analisis yang telah dilakukan terbentuklah pola pada diagram stiff. Nilai nilai ini berdasarkan data kandungan ion yang ada pada air injeksi Sumur ES-031, yang kemudian pola ini akan dijadikan acuan untuk di injeksikan atau tidak air ini menuju ke lapisan target. Pola pada diagram stiff yang terbentuk dari air injeksi harus memiliki pola yang sama atau serupa pada air

formasi lapisan target. Hal ini dimaksudkan agar saat terjadi pencampuran setelah dilakukannya penginjeksian air dapat bergabung dan tidak menimbulkan masalah di kemudian hari. Berdasarkan pola grafik di atas air injeksi sumur ES-031 layak untuk diinjeksikan.

4.3 Hasil Analisis Air Injeksi

Setelah dilakukan analisis laboratorium mengenai sifat fisika dan kimia dari air injeksi Sumur ES-031, Tabel 4.5 berikut ini adalah ion-ion yang terkandung di dalam air yang akan diinjeksikan ke Sumur ES-031 di BOB PT BSP-Pertamina Hulu.

Tabel 4.4 Unsur Terkandung di Dalam Air Injeksi Sumur ES-031

| Ion | ppm | mg/l | meq/l |
|--|----------------|----------------|----------------|
| Natrium Na ⁺ | 1296 | 1339,54 | 58,2 |
| Calcium Ca ²⁺ | 18,18 | 18,79 | 0,94 |
| Magnesium Mg ²⁺ | 15,26 | 15,77 | 1,29 |
| Karbonat CO ₃ ²⁻ | 60,48 | 62,51 | 2,08 |
| Bicarbonat HCO ₃ ⁻ | 1350,72 | 1396,10 | 22,98 |
| Sulfat SO ₄ ²⁻ | 3,00 | 3,10 | 0,06 |
| Chlorida Cl ⁻ | 2880 | 2976,76 | 83,97 |
| Besi Fe ²⁺ | 0,04 | 0,041 | 0,002 |
| Total Dissolved Ion | 5623,68 | 5812,61 | 169,522 |

4.3.1 Kualitas Air Injeksi Lapangan ES

Dari data hasil analisis laboratorium mengenai kualitas air injeksi untuk Sumur ES-031 di BOB PT BSP - Pertamina Hulu. Tabel 4.5 berikut menginterpretasikan data hasil analisis kualitas air injeksi Sumur ES-031 terhadap limit atau standar baku mutu kualitas dari perusahaan.

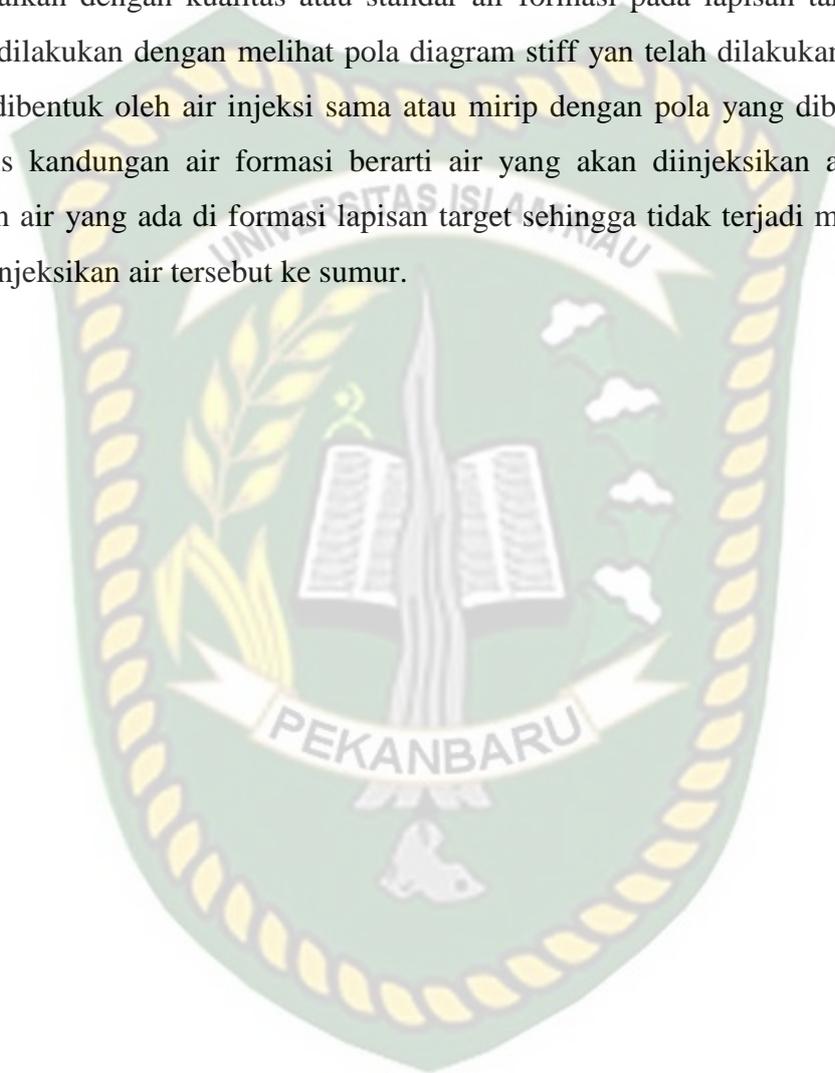
Tabel 4.5 Hasil Analisis Kualitas Air Injeksi Sumur ES-031

| No | Parameter | Unit | Metode | Limit | Nilai | Ket |
|----------------------------|--------------------------------------|--------|---------------------|------------|--------|------------------|
| Physical Indication | | | | | | |
| 1. | TSS (<i>Total Suspended Solid</i>) | Ppm | Membran Filter Test | - | 0,0011 | - |
| 2. | TDS (<i>Total Dissolved Solid</i>) | Ppm | TDS Meter | - | 50600 | - |
| 3. | <i>Oil Content</i> | Ppm | Spectrophotometer | ≤ 120 | 35,03 | Memenuhi Standar |
| 4. | <i>Turbidity</i> | NTU | Turbidity Meter | ≤ 20 | 17,4 | Memenuhi Standar |
| Chemical Indication | | | | | | |
| 5. | DO (<i>Dissolved Oxygen</i>) | Ppb | DO Meter | ≤ 30 | 25 | Memenuhi Standar |
| 6. | <i>Bacteri</i> | Col/ml | SANI-CHECK SRB | ≤ 100 | 10 | Memenuhi Standar |
| 7. | pH | - | pH Meter | 6,5-8 | 7,69 | Memenuhi Standar |
| 8. | Fe ³⁺ | Ppm | Iron Test Kit | ≤ 1 | 0,04 | Memenuhi Standar |
| 9. | <i>Chloride</i> | Ppm | Titration | - | 2880 | - |
| 10. | SI (<i>Scale Index</i>) | - | Scale Prediction | ≤ 0 | - 0,13 | Memenuhi Standar |

Dari hasil tersebut dapat terlihat bahwa analisis sampel yang dilakukan untuk air injeksi Sumur ES-031 telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh perusahaan. Namun perlu diperhatikan bahwa air injeksi tersebut harus disesuaikan dengan kualitas atau standar air formasi pada lapisan target hal ini dapat dilakukan dengan melihat pola diagram stiff yan telah dilakukan. Jika pola yang dibentuk oleh air injeksi sama atau mirip dengan pola yang dibentuk pada analisis kandungan air formasi berarti air yang akan diinjeksikan akan sesuai dengan air yang ada di formasi lapisan target sehingga tidak terjadi masalah saat menginjeksikan air tersebut ke sumur.

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil analisis kualitas air injeksi di BOB PT BSP-Pertamina Hulu untuk Sumur ES-031 yaitu sebagai berikut :

1. Setelah diuji di laboratorium, kualitas air injeksi Sumur ES-031 dikategorikan baik berdasarkan standar baku mutu perusahaan. Dengan nilai 0,0011 ppm untuk *Total Suspended Solid*, 50600 ppm untuk *Total Dissolved Solid*, 35,03 ppm untuk *Oil Content*, 17,4 NTU untuk *Turbidity*, 25 ppb untuk *Dissolved Oxygen*, 10 col/ml untuk *Bacteri*, 7,69 untuk pH, 0,04 ppm untuk Fe^{3+} , 2880 ppm untuk *Chloride*, - 0,13 untuk *Scale Index*, dan layak untuk diinjeksikan.
2. Pada hasil analisis yang telah dilakukan terbentuklah pola pada diagram stiff. Nilai nilai ini berdasarkan data kandungan ion yang ada pada air injeksi Sumur ES-031, yang kemudian pola ini akan dijadikan acuan untuk diinjeksikan atau tidak air ini menuju ke lapisan target. Pola pada diagram stiff yang terbentuk dari air injeksi harus memiliki pola yang sama atau serupa pada air formasi lapisan target. Berdasarkan pola grafik, air injeksi sumur ES-031 layak untuk diinjeksikan.

5.2 Saran

Hal yang disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah melakukan pengamatan kepada sumur produksi sekitar apakah ada pengaruh dari hasil analisis kualitas air injeksi dengan melihat kenaikan *Water cut* ataupun kenaikan produksi.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N. M., & Said, L. (2015). Analisa Air Formasi Dalam Menentukan Kecenderungan Pembentukan Scale Pada Sumur X, Y Dan Z. *Seminar Nasional Cendekiawan*, (2460-8696), 317-325.
- Ahmed, T. (2001). *Reservoir Engineering Handbook*. Houston, Texas: Gulf Publishing Company.
- API. (2014). Acidizing: Treatment in Oil and Gas Operations. *American Petroleum Institute*, 1-5.
- Charles. (1994). *Comparability of Suspended-Sediment Concentration and Total Suspended Solids Data*, Virginia, 2000.
- Effendi & Hefni. (2003). Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius, Yogyakarta.
- Endar Budi Sasongko, Endang Widyastuti, Rawuh Edy Priyono. (2014). Kajian Kualitas Air dan Penggunaan Sumur Gali Oleh Masyarakat di Sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap.
- Erany, R. (2016). *A Study Of Scale and Scalling Potential Durring High Salinity And Low Salinity Waterflooding*. University of Stavenger.
- Hem & John, D. (1985). "*Study And Interpretation Of The Chemical Characteristic Natural Water*", *Third Edition*.
- Herianto. (2009). *Water Injection*. PT Indotrain, Jogjakarta.
- Jankowski, J. (2001). *Groundwater Environment*, Short Course Note, School of Geology, University Of New South Wales, Sydney, Australia
- Mc Cain Jr & William, D. (1990). "*The Properties of Petroleum Fluids*", *Second Edition*, Pennwell Books, Tulsa, Oklahoma.
- Nasirudin Mahmud Ahmad & Lestari Said. (2015). Analisa Air Formasi Dalam Menentukan Kecenderungan Pembentukan Scale Pada Sumur X,Y,dan Z.

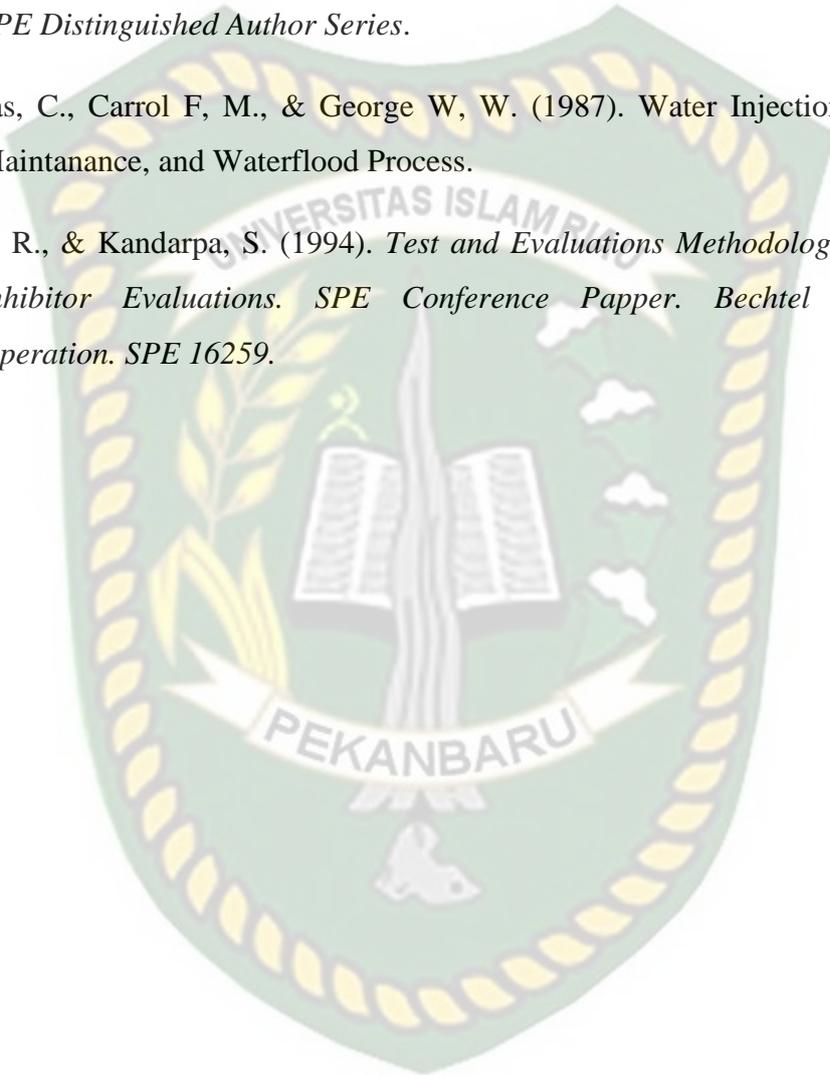
- Patton, C. C. (1995). *Applied Water Techonology*. Dallas, Texas.
- Pertamina. (2003). Teknik Produksi Judul: Penanggulangan Masalah Produksi. Jakarta.
- Pertamina EP. (2003). Perencanaan Stimulasi. Jakarta.
- PETROM. (2012). *Stimulation Acidizing*. Romania.
- Pertiwi Andarani & Arya Rezagama (2015). Analisis Pengolahan Air Terproduksi di Water Treating Plant Perusahaan Eksploitasi Minyak Bumi (Study Kasus PT XYZ).
- Pranondo, D., & Agusandi, S. (2017). Jurnal Teknik Patra Akademika.
- Rinawati, Diky Hidayat, R.Suprianto, Putri Sari Dewi. (2016). Penentuan Kandungan Zat Padat (*Total Dissolved Solids dan Total Suspended Solids*) di Perairan Teluk Lempung.
- Roni Alida & Ockta Juliansyah (2016). Analisa Kinerja Injeksi Air Dengan Metode Voidage Replacement Ratio di PT Pertamina EP Asset 1 Field Ramba.
- Sari & Ratna Permata. (2011). Studi Penanggulangan Problem *Scale* dari *Near-Wellbore* Hingga *Flowline* di Lapangan Minyak Limau, Universitas Indonesia.
- Sefilra Andalucia & Fachri Ariansyah Al Hafidz. (2016). Analisis *Hall Plot* Untuk Mengidentifikasi *Formation Damage* dan *Performance* Injeksi Pada Kegiatan *Water Flooding* di Lapangan North Rifa PT Pertamina EP Asset 1 Field Ramba.
- Septiapribadi, A. W. (2010). Studi Penyebab *Scale* di Lapangan-Lapangan Minyak Sumatera.
- Silin, D.B., Berkeley, L., Holtzman, R., Patzek, T.W., & Brink, J. L. (2005). Monitoring Waterflood Operations: Hall ' s Method Revisited.

SLS Team, P. (2009). Pencegahan Korosi dan Scale pada Proses Produksi Minyak Bumi. United Arab: SLS Production.

Talash, A. W. (1988). An Overview of Waterflood Surveillance and Monitoring. *SPE Distinguished Author Series*.

Thomas, C., Carrol F, M., & George W, W. (1987). Water Injection, Pressure Maintenance, and Waterflood Process.

Vetter, R., & Kandarpa, S. (1994). *Test and Evaluations Methodology for Scale Inhibitor Evaluations. SPE Conference Papper. Bechtel Petroleum Operation. SPE 16259.*





UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

الجامعة الإسلامية الريوية

Alamat: Jalan Kaharuddin Nasution No.113, Marpoyan, Pekanbaru, Riau, Indonesia - 28284
Telp. +62 761 674674 Email: fakultas_teknik@uir.ac.id Website: www.eng.uir.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIARISME

Nomor: 474/A-UIR/5-T/2019

Fakultas Teknik Universitas Islam Riau menerangkan bahwa Mahasiswa/i dengan identitas berikut:

| | |
|---------------|--------------------|
| NAMA | ERI SISWANTO |
| NPM | 14 321 0046 |
| PROGRAM STUDI | TEKNIK PERMINYAKAN |

Judul Skripsi / Tugas Akhir:

ANALISIS KUALITAS AIR INJEKSI PADA PROSES WATER FLOODING
DI BOB PT. BSP - PERTAMINA HULU.

Dinyatakan **Bebas Plagiat** karena hasil pengecekan Turnitin menunjukkan angka *Similarity Index* $\leq 30\%$ pada setiap subbab naskah skripsi yang disusun. Demikian surat keterangan ini di buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 19 Desember 2019 M
22 Robiul Akhir 1441 H

Wakil Dekan,
Bidang Akademik,

Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT
NPK 99 05 02 281

