

**ANALISIS KUALITAS AIR INJEKSI PADA SUMUR A
BERDASARKAN PARAMETER FISIKA DAN KIMIA**

KARYA ILMIAH



**ASTRI AGUSTIN
FOB022015**

**PROGRAM STUDI D-III ANALIS KIMIA
JURUSAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIIVERSITAS JAMBI
2025**

**ANALISIS KUALITAS AIR INJEKSI PADA SUMUR A
BERDASARKAN PARAMETER FISIKA DAN KIMIA**

KARYA ILMIAH

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Ahli Madya
Pada Program Studi D-III Analis Kimia



ASTRI AGUSTIN

FOB022015

**PROGRAM STUDI D-III ANALIS KIMIA
JURUSAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JAMBI**

2025

SURAT PERNYATAAN

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Astri Agustin

NIM : F0B022015

Program Studi: D-III Analis Kimia

Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya ilmiah ini dengan judul "ANALISIS AIR INJEKSI PADA SUMUR A BERDASARKAN PARAMETER FISIKA DAN KIMIA" ini benar-benar karya saya sendiri, sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan Karya Ilmiah yang telah lazim.

Tanda tangan yang tertera dalam halaman pengesahan ini adalah asli, jika tidak asli saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jambi, 08 Juli 2025
Yang menyatakan




Astri Agustin
F0B022015

RINGKASAN

Air injeksi merupakan air formasi yang telah diolah dengan cara filtrasi yang nantinya akan memisahkan air dari zat pengotor. Filtrasi atau penyaringan adalah suatu proses untuk menghilangkan zat padat tersuspensi diukur dengan kekeruhan dari air melalui media berpori. Tahap Analisis kualitas air injeksi yang dilakukan yaitu dengan menganalisis parameter-parameter yang berpengaruh dalam air injeksi. Parameter air injeksi dibagi menjadi dua yaitu secara fisika dan kimia, analisis fisik seperti analisis Turbidity, TSS (*total suspended solid*), TDS (*total dissolved solid*), RPI (*relative plugging index*) dan pada analisis kimia yaitu: SG (*specific gravity*), pH, CO₂, CO₃²⁻, HCO₃²⁻, Ca, Ca²⁺ & Mg²⁺, Cl⁻, Fe³⁺, SO₄²⁻, H₂S, amoniak, *Oil content* dan *scaling*. Rendahnya kualitas air injeksi dapat menimbulkan dampak negatif yang signifikan, seperti penurunan laju injeksi dan efisiensi penyapuan yang rendah. Selain itu zat terlarut lainnya juga dapat mempercepat proses korosi dan pembentukan *scale* pada peralatan, yang pada akhirnya dapat mengganggu kelancaran operasi dan menimbulkan biaya tambahan. Oleh karena itu, analisis kualitas air injeksi menjadi langkah krusial sebelum air tersebut digunakan dalam proses injeksi.

Analisis pada air injeksi belum memenuhi standar baku mutu yang ditentukan, ditunjukkan dari beberapa parameter yang memiliki nilai tinggi atau melebihi limit seperti Turbiditi yaitu 432 NTU, TDS yaitu 8020 ppm, TSS yaitu 37 ppm dan RPI yaitu 50µm nilai-nilai tersebut mengindikasikan terbentuknya kerak. Kemudian hasil dari ion-ion yang telah diketahui nilainya, walaupun tidak ada batasan maksimum hal tersebut dapat diwaspadai karena dapat memicu terjadinya korosi pada peralatan reservoir dan pipa produksi. Untuk menghambat pembentukan kerak dan terjadinya korosi yaitu dengan penambahan *chemical* pada air injeksi yaitu seperti *scale inhibitor* dan *corrosion inhibitor*.

Kata Kunci: Air Injeksi, Spektrofotometri UV-Vis, Titrasi, Gravimetri, Kompleksometri, Argentometri.

SUMMARY

Injection water is formation water that has been treated by filtration to separate water from contaminants. Filtration is the process of removing suspended solids—measured as turbidity—from water by passing it through a porous medium. The quality analysis of injection water involves evaluating the most critical physical and chemical parameters. Physical analyses include turbidity, total suspended solids (TSS), total dissolved solids (TDS), and relative plugging index (RPI), while chemical analyses cover specific gravity (SG), pH, dissolved CO_2 , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Ca^{2+} & Mg^{2+} , Cl^- , Fe^{3+} , SO_4^{2-} , H_2S , ammonia, oil content, and scaling tendency. Poor injection-water quality can significantly reduce injection rates and sweep efficiency, accelerate corrosion, and promote scale formation on equipment, all of which disrupt operations and incur additional costs. Therefore, thorough water-quality analysis is a crucial step before using water for reservoir injection.

In the case of Well A, the injection water did not meet the prescribed standards: turbidity was 432 NTU, TDS 8,020 ppm, TSS 37 ppm, and RPI $50\text{ }\mu\text{m}$ —each well above acceptable limits and indicative of scaling potential. Although chemical species such as Fe^{3+} , H_2S , and ammonia fell within general ranges, their presence still poses a corrosion risk to reservoir equipment and production tubing. To inhibit scale and corrosion, it is recommended to dose the injection water with appropriate chemicals, such as scale inhibitors and corrosion inhibitors.

Keywords: Injection Water, UV-Vis Spectrophotometry, Titration, Gravimetry, Complexometry, Argentometry.

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

Karya Ilmiah dengan judul "Analisis Air Injeksi Pada Sumur A Berdasarkan Parameter Fisika Dan Kimia" yang disusun oleh Astri Agustin, dengan NIM F0B022015 telah dipertahankan di depan tim penguji dan dinyatakan lulus pada tanggal 8 Juli 2025.

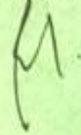
Susunan tim penguji:

Ketua: Dr. Intan Lestari, S.Si., M.Si.

Anggota: Munifilia Ekasari, S.Si., M.Si

Disetujui:

Dosen Pembimbing



Rahmi, S.Pd., M.Si.

NIP. 199001232019032014

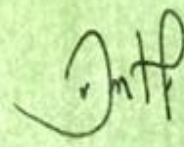
Diketahui

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Jambi

Ketua Jurusan Matematika dan Ilmu
pengetahuan Alam



Drs. Jefri Marzal, M. Sc., D.I.T
NIP. 196806021993031004



Dr. Intan Lestari, S.Si., M.Si.
NIP. 197409221990032002

RIWAYAT HIDUP



Penulis Bernama lengkap Astri Agustin biasa dipanggil Astri. Lahir di Sawahlunto Sijunjung pada tanggal 22 agustus 2003. Penulis merupakan anak ke tiga dari empat bersaudara oleh pasangan almarhum bapak Suratman dan ibu Isrowiyah, Kakak dari Melani Ana Putri serta adik dari Rahman Basuki dan Niko Zakaria. Penulis menyelesaikan sekolah dasar di MIS Lubuk Karya pada tahun 2016. Kemudian melanjutkan Sekolah Menengah pertama di SMP Terpadu Asy-Syhadatain lulus pada tahun 2019 dan pada tahun 2022 penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah atas di SMK negeri 1 koto Besar. Pada tahun 2022 penulis melanjutkan Pendidikan ke Fakultas Sains dan teknologi Universitas jambi dengan jurusan matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Program studi D-III Analis Kimia melalui jalur vokasi. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan di PT. Pertamina Hulu Rokan Zona Satu Field Jambi selama 2 bulan pada tanggal 2 januari – 28 februari 2025.

PRAKATA

Segala puji dan rasa syukur senantiasa penulis ucapkan kehadirat Allah SWT atas rahamat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir berupa Karya Ilmiah ini dengan waktu yang telah ditentukan. Karya Ilmiah dengan judul “Analisis Kualitas Air Injeksi Pada Sumur A Berdasarkan Parameter Fisika Dan Kimia” ini diajukan untuk memenuhi syarat lulus Pendidikan Diploma (III) Analis Kimia Jurusan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA).

Dalam menulis karya ilmiah ini penulis banyak mendapatkan bimbingan dari berbagai pihak serta mendapatkan ilmu yang bermanfaat, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Drs. Jefri Marzal, M.Sc., D.I.T selaku Dekan Fakultas Sains dan teknologi Universitas Jambi.
2. Dr. Intan Lestari, S.Si., M.Si. Selaku ketua jurusan matematika dan ilmu pengetahuan alam fakultas sains dan teknologi universitas jambi sekaligus dosen pembimbing akademik yang memberi kesempatan untuk melaksanakan PKL di PT. Pertamina Hulu Rokan Zona 1 Field Jambi.
3. Dhian Eka Wijaya, S.Si., M.Si. Selaku koordinator program studi analisis kimia fakultas sains dan teknologi universitas jambi.
4. Rahmi, S.Pd., M.Si. Selaku dosen pembimbing yang tak henti-hentinya memberikan motivasi dan dukungan dalam penyelesaian tugas akhir.
5. Terkhusus penulis persembahkan kepada Ayahanda tercinta Alm. Suratman, yang biasa saya sebut bapak yang paling saya rindukan dan berhasil membuat saya bangkit dari kata menyerah, bahkan setelah kepergiannya. Alhamdulillah kini penulis sudah berada ditahap ini, menyelesaikan karya ilmiah sederhana ini sebagai bentuk rasa hormat dan cinta yang mendalam atas segala perjuangan, peluh, dan pengorbanan yang telah bapak curahkan selama hidup. Semoga setiap langkah dan pencapaian ini menjadi doa yang terus mengalir untuk bapak, dan semoga Allah SWT memberikan tempat terbaik di sisi-Nya. Amin.
6. Teruntuk ibunda tercinta, yang selalu mendoakan, mendampingi, dan menjadi tempat kembali di setiap suka maupun duka. Terima kasih atas doa yang tak pernah putus, serta kesabaran yang tiada batas dalam mendukung langkah penulis hingga titik ini. Ibu adalah kekuatan yang membuat hati ini tetap teguh dan kepala ini tetap berdiri meski diterpa lelah dan ragu. Semoga setiap usaha dan pencapaian ini bisa menjadi kebanggaan bagi ibu, sebagaimana ibu selalu menjadi kebanggaan dalam

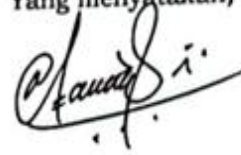
hidup penulis.

7. Kepada wanita sederhana yang memiliki keinginan tinggi namun terkadang sulit dimengerti, yaitu sang penulis karya ilmiah ini Astri Agustin. Seorang anak perempuan berusia 21 tahun yang keras kepala namun sebenarnya mudah menangis. Terima kasih untuk segala perjuangan, kesabaran, dan ketekunan yang telah dilalui dalam setiap langkah yang penuh tantangan ini. Untuk diri saya sendiri, Terima kasih sudah hadir dan bertahan sampai sejauh ini melewati banyak rintangan dan tantangan yang datang. Berbahagialah selalu kapanpun dan dimanapun kamu berada, Mari rayakanlah selalu dirimu serta teruslah bersinar dimanapun kamu berada.
8. Kepada kedua kakak laki-laki saya yaitu Rahman Basuki dan Niko Zakaria serta adik saya semata wayang Melani Ana Putri terima kasi yang sebesar besarnya atas segala bentuk dukungan, perhatian, dan semangat yang telah kalian berikan selama proses pendidikan saya. Kehadiran dan motivasi kalian menjadi kekuatan tersendiri bagi saya dalam menghadapi setaip tantangan, hingga akhirnya saya mampu menyelesaikan karya ilmiah ini.
9. Kepada kedua ponakan saya yang lucu dan menggemaskan, Fazela dan Kahfi, terimakasih telah hadir kedunia ditengah-tengah saat penulis berproses menyelesaikan pendidikan ini. Terimakasih telah menjadi sumber kebahagiaan sekaligus penyemangat bagi penulis dalam menyelesaikan karya ilmiah ini. Tawa dan keceriaan kalian selalu mampu menghadirkan semangat baru di tengah lelah dan penatnya proses penulisan.
10. Untuk My best friend Dhyas sevara Putri, Resti helda Mayanti dan Syafina Annajah. Terima kasih sudah menjadi teman terbaik yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, terimakasih atas segala kebaikan dan waktu yang selalu kita habiskan bersama selama masa perkuliahan. dan memberi support kepada penulis karya ilmiah ini.
11. My best partner selama dikos yang biasa saya panggil Sona yang menjadi teman tertawa, teman berburu makanan, serta hadir dengan sikap random-nya yang selalu berhasil menghibur dan meringankan beban pikiran saya selama proses penulisan karya ilmiah ini. Terima kasi atas momen berharga yang telah kita lewati bersama.
12. Kepada rekan-rekan seperjuangan yaitu mahasiswa program studi Analis Kimia Universitas Jambi angkatan 2022
Serta pihak-pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu. Semoga

dengan adanya Karya Ilmiah ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Jambi, 08 Juli 2025

Yang menyatakan,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Astri Agustin', with a stylized flourish at the end.

Astri Agustin

FOB022015

DAFTAR ISI

	Halaman
SURAT PERNYATAAN	i
RINGKASAN	ii
SUMMARY	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
RIWAYAT HIDUP	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Air Injeksi.....	4
2.2 Parameter Fisika.....	5
2.3 Parameter Kimia	7
III. METODOLOGI PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Tempat	12
3.2 Bahan dan Peralatan	12
3.3 Metode Penelitian.....	12
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1 Preparasi Sampel.....	18
4.2 Hasil Pengujian Parameter Fisika	18
4.3 Hasil Pengujian Parameter Kimia	20
V. PENUTUP	26
5.1 Kesimpulan	26
5.2 Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN	29

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Hasil analisis fisika air injeksi	18
2. Hasil analisis kandungan kimia air injeksi.....	20

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alat Hidrometer.....	5
2. Alat Turbidimeter.....	6
3. Serangkain alat titrasi.....	8
4. Spektrofotometer.....	9

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema Kerja	29
3. Perhitungan	37
5. Dokumentasi	38

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air injeksi merupakan air formasi yang telah diolah dengan cara filtrasi yang nantinya akan memisahkan air dari zat pengotor. Filtrasi atau penyaringan adalah suatu proses untuk menghilangkan zat padat tersuspensi diukur dengan kekeruhan dari air melalui media berpori. Penyaringan melalui media berpori terjadi dengan cara menghambat partikel-partikel ke dalam ruang pori sehingga terjadi pengumpulan dan tumpukan partikel tersebut pada permukaan butiran media. Dengan tumpukan partikel yang melekat pada butiran media ini akan membantu air tidak keruh dan menjadi lebih bersih (Amelia dan Triyadi, 2023).

Injeksi air merupakan suatu kegiatan yang dilakukan untuk mendesak minyak menuju ke sumur produksi sehingga hal tersebut efektif untuk mengoptimalkan produksi minyak. Selain itu, air injeksi ini dapat mempertahankan tekanan reservoir dengan menginjeksikan air bertekanan ke dalam reservoir agar fluida di dalamnya dapat mengalir ke permukaan. Pada proses air injeksi masalah yang sering terjadi adalah mengenai korosi dan *scale*. Air yang diinjeksikan juga belum benar-benar baik dan jernih untuk digunakan kembali sehingga perlu dilakukan Analisis untuk mengetahui kualitas air injeksi dan proses air injeksi tidak mengalami permasalahan yang baru pada peralatan-peralatan yang akan digunakan.

Tahap Analisis kualitas air injeksi yang dilakukan yaitu dengan menganalisis parameter-parameter yang berpengaruh dalam air injeksi. Parameter air injeksi dibagi menjadi dua yaitu secara fisika dan kimia, analisis fisik seperti analisis Turbidity, TSS (*total suspended solid*), TDS (*total dissolved solid*), RPI (*relative plugging index*) dan pada analisis kimia yaitu: SG (*specific gravity*), pH, CO_2^- , CO_3^{2-} , HCO_3^{2-} , Ca, Ca^{2+} dan Mg^{2+} , Cl^- , Fe^{3+} , SO_4^{2-} , H_2S , amoniak, *Oil content* dan *scaling*. Air injeksi yang belum mencapai standar tidak dapat dipompa ke sumur-sumur injeksi sehingga tidak dapat mempertahankan tekanan pada reservoir dan minyak tidak dapat terangkat kembali ke permukaan, selain itu tidak dapat meningkatkan laju produksi (Anugrah *et al.*, 2020).

Rendahnya kualitas air injeksi dapat menimbulkan dampak negatif yang signifikan, seperti penurunan laju injeksi dan efisiensi penyapuan yang rendah. Selain itu zat terlarut lainnya juga dapat mempercepat proses korosi dan pembentukan *scale* pada peralatan, yang pada akhirnya dapat mengganggu kelancaran operasi dan menimbulkan biaya tambahan. Oleh karena itu, analisis kualitas air injeksi menjadi langkah krusial sebelum air

tersebut digunakan dalam proses injeksi. Analisis ini dilakukan untuk memastikan bahwa air yang akan diinjeksikan telah memenuhi parameter standar yang ditetapkan, baik dari segi fisik maupun kimia, sehingga dapat menimbulkan risiko operasional dan menjaga keberlanjutan produksi minyak secara optimal (Dahrul dan Pramurti, 2019).

Scale adalah endapan yang berbentuk kristal atau kerak keras yang merupakan hasil pengendapan mineral anorganik yang berasal dari air formasi yang dihasilkan bersama minyak dan gas. Masalah ini berkaitan dengan kandungan ion-ion dalam air formasi maupun Injeksi. Air Formasi dalam sumur minyak mempunyai komposisi kimia yang berbeda-beda antara lain mengandung komponen kation dan anion. Jika terjadi pencampuran dua macam mineral yang *incompatible* dan adanya perubahan pH, tekanan, dan temperatur, maka melewati batas kelarutan senyawa dalam air formasi yang akan menyebabkan terbentuknya *scale*. Terbentuknya *scale* di dinding pipa dapat menyebabkan terganggunya aliran karena pengecilan *inside diameter* pipa. Sumbatan tersebut mengharuskan perbaikan sumur minyak ataupun sumur gas secara spesifik dan usaha-usaha perbaikan sumur ini menelan biaya yang tidak sedikit (Alighiri *et al.*, 2018).

Dari uraian tersebut penulis ingin menganalisis air injeksi pada sumur A berdasarkan parameter fisika dan kimia yang menyebabkan air injeksi tidak memenuhi standar kelayakan serta mengidentifikasi faktor-faktor penyebab ketidaksesuaian yang berpengaruh terhadap kualitas air injeksi.

1.2 Identifikasi dan Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang ada, maka dalam kegiatan penelitian ini dapat diambil perumusan masalah sebagai berikut:

1. Apakah kualitas air injeksi pada sumur A telah memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan?
2. Bagaimana menganalisis air injeksi pada sumur A berdasarkan parameter fisika dan kimia?
3. Bagaimana langkah dalam mencegah permasalahan yang disebabkan oleh kualitas air injeksi yang tidak sesuai dengan baku mutu?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menentukan kualitas air injeksi pada sumur A menurut standar standar baku mutu yang telah ditetapkan.

2. Menganalisis air injeksi pada sumur A berdasarkan parameter fisika dan kimia.
3. Memberikan solusi dalam mencegah permasalahan yang disebabkan oleh kualitas air injeksi yang tidak sesuai dengan baku mutu.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai hasil karakteristik kualitas air injeksi yang digunakan.
2. Memberikan informasi mengenai pencegahan kerusakan formasi dan peralatan akibat air injeksi yang tidak sesuai standar.
3. Mendukung upaya pengendalian masalah teknis seperti korosi, scaling, dan penyumbatan yang dapat mengganggu operasi sumur.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Injeksi

Air injeksi adalah suatu proses penginjeksian air bertekanan ke dalam formasi batuan di bawah permukaan bumi, yang bertujuan utama untuk meningkatkan produksi minyak pada tahap *secobdary recovery*. Proses ini dilakukan ketika produksi minyak secara alami sudah menurun. Sehingga diperlukan metode tambahan untuk mendorong minyak yang masih tertinggal di reservoir agar dapat keluar menuju sumur produksi. Air yang digunakan biasanya berasal dari terproduksi (air yang ikut terangkat bersama minyak dan gas), yang kemudian diolah sesuai standar kualitas tertentu sebelum diinjeksikan kembali ke dalam reservoir. Selain meningkatkan perolehan minyak, air injeksi juga berfungsi untuk mempertahankan dan menjaga tekanan reservoir (*pressure maintenance*), sehingga produksi minyak dapat tetap optimal. Injeksi air merupakan suatu proses penginjeksian air bertekanan ke dalam formasi yang berfungsi untuk mendesak minyak keluar menuju sumur produksi sehingga akan meningkatkan produksi minyak (Juliansyah dan Alida, 2016).

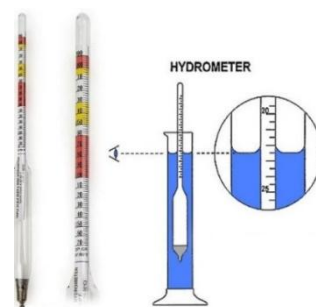
Rendahnya produksi sumur merupakan persoalan utama pada industri minyak dan gas, baik pada sumur yang telah lama berproduksi, pada sumur baru, atau pada sumur yang baru dikerjakan ulang. Rendahnya produksi dapat disebabkan karena tekanan yang terdapat di dalam reservoir telah mengalami penurunan. Sehingga tekanan yang tersisa tidak dapat mengangkat fluida tersebut ke atas permukaan bumi. Langkah yang tepat untuk hal tersebut adalah dengan melakukan penginjeksian air ke dalam reservoir untuk mempertahankan tekanan yang terdapat di reservoir. Air yang diinjeksikan bukanlah air biasa, melainkan air yang ikut terproduksi bersama minyak dan terlebih dahulu dilakukan filtrasi dan treatment untuk mendapatkan air terproduksi yang diinginkan. Kesalahan penginjeksian air dapat merusak formasi di dalam reservoir dan dapat mempengaruhi produksi. Air yang ikut terproduksi bersama dengan minyak ataupun gas biasa disebut dengan air terproduksi. Air yang terproduksi nantinya akan dilakukan *water treatment* dan *injection plan* dilakukan diawali dengan pemisahan air yang terangkat bersama minyak. Pada kegiatan ini air akan di treatment di stasiun pengumpulan dengan menggunakan alat-alat pemisahan dan pemberian zat kimia untuk membantu mempercepat dan menjadikan air sesuai dengan yang diinginkan. Setelah kegiatan tersebut, air akan diinjeksikan ke reservoir untuk menjaga tekanan reservoir melalui sumur injeksi (Yazid *et al.*, 2018).

Air terproduksi merupakan produk samping dari pengolahan minyak dan gas bumi. Air ini berbeda dengan air biasanya karena mengandung bahan-bahan kimia berbahaya dan unsur-unsur lainnya yang terkandung di dalam minyak dan gas bumi tersebut. Air terproduksi dapat berasal dari air garam dan air formasi. Air garam berasal dari aliran diatas atau dibawah zona hidrokarbon, aliran di dalam zona hidrokarbon, serta aliran di dalam zona hidrokarbon, serta aliran dari fluida dan bahan tambahan yang diinjeksikan yang merupakan hasil dari kegiatan produksi. Karakteristik dari air terproduksi bergantung pada sumbernya, kondisi operasi, dan bahan kimia yang digunakan pada proses pengolahan minyak atau gas alam, serta keadaan geologi yang dilalui air terproduksi (Tiana, 2015).

2.2 Parameter Fisika

1) *Specific Gravity & Temperatur*

Massa jenis atau *specific gravity* (SG) adalah rasio antara massa jenis air injeksi dengan massa jenis air murni pada suhu tertentu. SG dapat memberikan indikasi tentang kandungan zat terlarut dalam air (seperti ion gram dan logam), SG yang terlalu tinggi dapat menandakan air mengandung banyak garam atau mineral, yang dapat menyebabkan penyumbatan pori dalam formasi batuan. Dan Suhu atau *temperature* adalah tingkat panas dari injeksi yang diukur dalam satuan derajat celsius ($^{\circ}\text{C}$). Suhu memengaruhi sifat fisik dan kimia air injeksi, termasuk kelarutan dan reaktivitas ion. Suhu memengaruhi reaksi kimia dalam air, seperti pembentukan skala (endapan mineral) atau korosi pada peralatan serta suhu yang tinggi dapat mempercepat laju korosi logam atau memperparah reaksi presipitasi antara ion tertentu (Andalucia *et al.*, 2025).



Gambar 1. Alat Hidrometer

2) *Turbidity (Kekeruhan)*

Turbidimeter adalah alat ukur untuk mendeteksi kekeruhan air memanfaatkan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air baku dengan satuan NT.



Gambar 2. Alat Turbidimeter

Prinsip kerja turbidimeter adalah memancarkan cahaya pada sampel, dan cahaya tersebut akan diserap, dipantulkan menembus sampel tersebut. Cahaya yang menembus sampel akan diukur dan ditransfer dalam bentuk angka (Kusniati, 2023).

3) **Total Dissolved solid (TDS) & Total Suspended Solid (TSS)**

Total solid merupakan *suspended solid* dan *dissolved solid* yang dipeoleh dari pemisahan padatan dan dengan pemanasan atau evaporasi. Material yang tersisa pada temperatur 105 inilah yang disebut TS. Total padatan adalah padatan yang tersisa setelah penguapan sampel hingga berat konstan pada suhu 105. TS biasanya ditentukan dalam oven melalui proses pengeringan. TDS adalah ukuran zat terlarut baik organik maupun anorganik. Misalnya garam yang terdapat pada air. TDS adalah jumlah padatan terlarut terdiri dari senyawa-senyawa organik dan anorganik yang larut dalam air, mineral dan garam. TDS adalah komponen umum dari banyak limbah, tetapi biasanya tidak dikarakterisasi dengan baik, baik dari segi konstituen kimiawi maupun toksisitasnya. Total padatan terlarut mewakili ukuran integratif dari konsentrasi ion umum (misalnya, natrium, kalium, kalsium, magnesium, klorida, sulfat, dan bikarbonat) di air tawar. Total Suspended Solid adalah pengukuran kualitas air yang biasanya disingkat TSS konsentrasi padatan tersuspensi, oksigen terlarut yang ada di dalam air sangat dipengaruhi oleh adanya partikel tersuspensi. Semakin banyak padatan tersuspensi yang ada di bawah air, maka semakin tinggi endapan lumpur. Pembentukan sedimen juga dipengaruhi oleh air, karena mengandung cukup banyak bahan yang tersuspensi (Ristyana, 2022).

4) **Gravimetri**

Gravimetri adalah jumlah zat yang paling tua dan paling sederhana dibandingkan dengan cara pemeriksaan kimia lainnya. Gravimetri juga metode analisis kuantitatif yang mengukur jumlah zat berdasarkan penimbangan. Metode ini digunakan untuk mengukur dan mengidentifikasi

zat atau senyawa dalam bentuk murninya. Bagian terbesar dari penentuan secara analisis gravimetri meliputi transformasi unsur atau radikal ke senyawa murni yang stabil yang dapat ditimbang dengan teliti. Berat unsur dihitung berdasarkan rumus senyawa dan berat atom unsur-unsur penyusunnya, pemisahan unsur – unsur atau senyawa yang dikandung dapat dilakukan beberapa metode: metode pengendapan, metode penguapan dan metode elektrolisis. Kesederhanaan itu terlihat karena dalam gravimetri jumlah zat ditentukan dengan cara menimbang langsung massa zat dipisahkan dari zat-zat lain. Kinerja metode gravimetri antara lain: relatif lambat, hasil didasarkan pada berat molekul, akurasi 1-2 bagian perseribu. Sensitivitas analit lebih dari 1% (Khofifah dan Utami, 2022).

2.3 Parameter Kimia

1) pH

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. pH (*power of Hydrogen*) adalah skala yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Skala dari pH terdiri dari 1 hingga 14. Skala pH menunjukkan konsentrasi ion hidrogen H^+ dalam larutan. Nilai pH larutan dihitung menggunakan nilai konsentrasi molar ion hidrogen yang larut dalam larutan.

2) Titrasi

Titration adalah suatu metode analisis volumetri, yaitu analisis kuantitatif untuk mengetahui konsentrasi suatu senyawa dalam larutan dengan cara mengukur volume larutan standar yang dapat bereaksi kualitatif dengan larutan zat yang dianalisis yang banyaknya tertentu dan diketahui. Larutan standar adalah larutan yang konsentrasinya telah diketahui. Dalam analisis volumetri, larutan standar ditambahkan ke dalam larutan zat yang dianalisis melalui suatu alat yang disebut buret, prosesnya disebut menitrasi. Penambahan larutan standar ke dalam larutan yang dianalisis dilakukan sedikit demi sedikit sampai terjadi reaksi sempurna yang disebut titik ekuivalen. Titik ekuivalen terjadi bila jumlah mol asam dan basa bereaksi secara stoikiometri. Saat diakhirinya proses titrasi disebut titik akhir titrasi yang dapat diketahui dengan adanya perubahan warna larutan standarnya sendiri atau larutan lain yang ditambahkan sebelum titrasi yang disebut larutan indikator (Damayanti dan Prasetya, 2021).



Gambar 3. Serangkain alat titrasi

Dalam analisis air injeksi, beberapa metode titrasi yang digunakan antara lain titrasi asam-basa, argentometri dan kompleksometri.

a. Argentometri

Argentometri merupakan salah satu cara untuk menentukan kadar zat dalam suatu larutan yang dilakukan dengan titrasi berdasar pembentukan endapan dengan ion Ag^+ . Pada titrasi argentometri, zat pemeriksaan yang telah dibubuhi indikator dicampur dengan larutan standar garam perak nitrat AgNO_3 . Dengan mengukur volume larutan standar yang digunakan sehingga seluruh ion Ag^+ dapat tepat diendapkan, kadar garam dalam larutan pemeriksaan dapat tepat ditentukan. Argentometri adalah penetapan kadar suatu zat dalam larutan berdasarkan pengendapan dengan memakai larutan AgNO_3 sebagai standar. Pada reaksi argentometri terbentuk endapan AgCl (perak klorida) (Santoso dan Purbaningtias, 2017).

b. Kompleksometri

Titration kompleksometri yaitu proses pembentukan senyawa kompleks antara ion logam dengan zat pembentuk kompleks untuk membentuk hasil berupa kompleks. Kompleksometri adalah pembentuk kompleks berwarna oleh logam dengan menggunakan larutan standar. Sebagai zat pembentuk kompleks yang banyak digunakan dalam kompleksometri, yaitu garam dinatrium etilendiamina tetraasetat. Ketergantungan campuran (senyawa) kompleks yang dibentuk bergantung pada sifat kation dan pH dari larutan, dengan cara titrasi ditunjukkan dengan menggunakan indikator logam serta ditandai dengan adanya perubahan warna. Metode kompleksometri ini mempunyai prinsip pembentukan senyawa kompleks. Zat pembentuk kompleks yang sering digunakan pada titrasi kompleksometri ialah garam dinatrium etilendiamin tetraasetat (dinatrium EDTA). EDTA adalah asam karboksilat poliamino, berwarna, larut dalam air. Nama resmi EDTA

merupakan singkatan dari *ethylen diamine tetra acetic*. Ada juga beberapa nama informal yang dikenal, namun sering digunakan, misalnya, *complexon*, *Nullapon*, *Sequestrenc*, *Versene* untuk garam dinatrium-EDTA (Nurwanti *et al.*, 2023).

3) Penentuan Besi dan Sulfat

Penentuan kadar besi dan sulfat menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Spektrofotometri merupakan metode analisis yang didasarkan pada absorpsi radiasi elektromagnetik spektrofotometer adalah alat untuk mengukur transmitan atau absorban suatu sampel fungsi panjang gelombang, sedangkan pengukuran menggunakan spektrofotometer, metode yang digunakan sering disebut dengan spektrofotometri (Listiana *et al.*, 2022). Spektrofotometri UV-Vis adalah penguji yang sangat populer sering digunakan di laboratorium kimia analisis, misalnya untuk menentukan konsentrasi suatu senyawa atau metode spektrofotometri campuran prinsip dasar UV-Vis adalah adsorbansi, spektrofotometri UV-Vis merupakan alat yang digunakan untuk mengukur daya serap suatu cairan yang mengandung sekelompok kromofor pada panjang gelombang cahaya tertentu.



Gambar 4. Spektrofotometer

Spektrofotometer UV-Vis didasarkan pada absorpsi cahaya pada panjang gelombang tertentu dari sampel yang dianalisis. Spektrofotometer UV-Vis merupakan teknik yang memanfaatkan cahaya dari sumber radiasi yang diarahkan ke monokromator untuk mendeteksi atau menentukan konsentrasi senyawa kimia dalam larutan. Cahaya yang keluar dari monokromator kemudian dipisahkan dan diarahkan ke sampel menggunakan cermin yang berputar. Detektor secara bergantian menangkap cahaya yang melewati sampel, dan sinyal yang dihasilkan berupa sinyal listrik. Sinyal ini kemudian diproses menjadi bentuk digital agar dapat dianalisis. Cahaya ultraviolet memiliki panjang gelombang

antara 200 hingga 400 nm, sedangkan cahaya tampak berada dalam rentang 400 hingga 800 nm (Sulistiyani *et al.*, 2023).

Spektrofotometri sinar tampak (UV-Vis) adalah pengukuran energi cahaya oleh suatu sistem kimia pada panjang gelombang tertentu. Elektron pada ikatan dalam molekul menjadi tereksitasi sehingga berada pada keadaan energy yang lebih tinggi dalam proses menyerap sejumlah energy yang melewati larutan tersebut. Spektrum UV-Vis sangat berguna untuk pengukuran secara kuantitatif. Konsentrasi dari analit di dalam larutan bisa ditentukan dengan mengukur absorban pada panjang gelombang tertentu dengan menggunakan hukum Lambert-Beer. Hukum Lambert-Beer menyatakan hubungan linieritas antara absorban (besarnya sinar radiasi yang terserap oleh zat) dengan konsentrasi larutan analit dan berbanding terbalik dengan transmitan (besarnya sinar radiasi yang melewati zat dan ditangkap detektor) (Agustin dan Agustina, 2020).

4) Oil Content (Kandungan Minyak)

Kandungan minyak 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* berarti semakin rendah pula kualitas airnya. Kandungan minyak dalam air injeksi merupakan salah satu parameter penting yang harus dikontrol dalam operasi injeksi air pada industri minyak dan gas. Kadar minyak yang tinggi dalam air injeksi dapat menyebabkan berbagai permasalahan, seperti penyumbatan pada formasi, kerusakan peralatan, serta menurunkan efisiensi proses injeksi. Standar baku mutu kandungan minyak dalam air injeksi bervariasi namun umumnya ditetapkan maksimal kurang dari 120 ppm. Pengendalian kadar minyak dalam air injeksi tidak hanya penting untuk menjaga performa reservoir dan peralatan, tetapi juga untuk meminimalkan dampak lingkungan akibat pembuangan air terproduksi yang masih mengandung minyak. Dengan demikian, pengelolaan kandungan minyak dalam air injeksi menjadi aspek krusial dalam menjaga keberlanjutan lingkungan sekitar operasi migas (Firdaus, 2020).

5) RPI (Relative Plugging Index)

RPI atau *Relative Plugging Index* adalah suatu parameter yang digunakan untuk mengukur kemampuan air injeksi dalam penyumbatan pada formasi saat air diinjeksikan ke dalam reservoir. Pengujian ini sangat penting untuk mengetahui apakah air injeksi aman digunakan tanpa menyebabkan penyumbatan pada formasi, yang bisa mengurangi efisiensi

injeksi dan produksi minyak. Nilai RPI yang tinggi menunjukkan bahwa air tersebut mengandung banyak partikel atau zat pengganggu sehingga memerlukan proses penyaringan atau pengolahan lebih lanjut sebelum digunakan untuk injeksi. Pengujian ini dilakukan dengan menyaring air injeksi melalui membran filter berpori sangat kecil, lalu diukur laju aliran (*flow rate*) awal dan akhir, tekanan dan waktu.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium *Petroleum Engineering* PT Pertamina Hulu Rokan Zona 1 Field Jambi, yang beralamat di jalan Lirik, No. 1, Kenali Asam Atas, Kota Jambi, Jambi. Pada tanggal 2 Januari-28 Februari 2025.

3.2 Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan pada pengujian ini merupakan sampel sumur A yang berasal dari PT Pertamina Hulu Rokan Zona 1 Field Jambi, *mineral oil*, natrium hidroksida (NaOH), indikator fenol ftalein ($C_{40}H_{14}O_4$), hidrogen klorida (HCl) 0,1 N, indikator methyl orange ($C_{14}H_{14}N_3NaO_3S$), indikator kalium kromat (K_2CrO_4), perak nitrat ($AgNO_3$), air bebas mineral, natrium hidroksida (NaOH) 1 N, indikator calcon ($C_6H_5C(O)CH=CHC_6H_5$), EDTA ($C_{10}H_{12}N_2Na_4O_8$), indikator EBT ($C_{20}H_{12}N_3O_7SNa$), reagen sulfate, reagen iron phenantrolin, reagen sulfide 1, reagen sulfide 2, reagen *amoniak salicylate*, reagen *ammonium cyanurate*, toluena, kertas saring *whatman* kertas saring millipore membrane filter.

Peralatan yang digunakan pada pengujian ini adalah spektrofotometer; timbangan analitik; gelas ukur 1000 mL; 100 mL dan 50 mL dan 25 mL; buret 50 mL; erlenmeyer 250 mL; 200 mL; 100 mL dan 50 mL; pipet volumetric 1 mL; 2 mL; 5 mL dan 10 mL; pipet tetes; labu ukur 250 mL; 100 mL dan 50 mL; corong pisah 250 mL; corong kaca; kuvet; gelas piala 250 mL; 100 mL dan 25 mL, termometer, *hydrometer*, *thermo scientific*, tabung sampel, turbidimeter, desikator yang berisi desikan, oven untuk pengeringan pada suhu 100°C, *milipore test unit*, dan penjepit.

3.3 Metode Penelitian

Parameter Fisika

A. Cara uji *specific Gravity* menurut ASTM D-1298-80

Sebanyak 100 mL sampel uji dimasukkan ke dalam gelas ukur, kemudian hydrometer dicelupkan ke dalamnya. Pembacaan dilakukan pada skala permukaan hydrometer. Setelah nilai massa jenis diperoleh, suhu sampel diukur menggunakan termometer yang umumnya menggunakan satuan derajat Celsius (°C).

B. Cara Uji Kekeruhan (Turbiditi)

Sampel uji dimasukkan ke dalam botol khusus hingga mencapai tanda batas. Bagian luar botol diolesi dengan *mineral oil* untuk mencegah goresan yang dapat memengaruhi pembacaan alat. Botol

kemudian dimasukkan ke dalam turbidimeter. Alat ini bekerja dengan memancarkan cahaya LED atau inframerah yang akan diserap atau dipantulkan oleh partikel tersuspensi dalam sampel. Hasil deteksi diubah menjadi nilai numerik dalam satuan NTU (Nephelometric Turbidity Units).

C. Cara Uji *Relative Plugging Index* (RPI)

Letakkan membran saring millipore yang telah ditimbang sebelumnya ke dalam perangkat uji RPI, lalu tutup dengan penutup alat. Pastikan posisi membran tidak terlipat atau rusak. Setelah itu, tuangkan sampel uji ke dalam tabung RPI hingga mencapai batas volume 3000 mL. Tutup tabung menggunakan penutup yang telah terhubung dengan gas nitrogen. Buka katup gas hingga tekanan pada manometer menunjukkan 20 psi. Selanjutnya, buka katup pada tabung RPI dan alirkan sampel ke dalam gelas ukur sambil mengaktifkan stopwatch secara bersamaan. Catat waktu yang diperlukan untuk setiap kelipatan volume 100 mL dari aliran sampel. Pengukuran dilakukan maksimal selama 15 menit (900 detik). Apabila pada waktu tersebut volume belum mencapai kelipatan 100 mL berikutnya, pengukuran waktu tetap dilanjutkan hingga volume tersebut tercapai, lalu waktu dicatat. Setelah proses selesai, tutup katup aliran ke gelas ukur, dan buka katup pembuangan untuk mengalirkan sisa sampel. Tunggu hingga tekanan turun di bawah 5 psi, lalu buka tabung dan ambil kembali membran filter. Membran kemudian dikeringkan dalam oven selama 60 menit, didinginkan, dan ditimbang kembali untuk memperoleh berat akhir. Selisih massa sebelum dan sesudah digunakan digunakan untuk menghitung nilai TSS, yang menjadi dasar perhitungan nilai *Relative Plugging Index* (RPI).

Parameter Kimia

A. Cara Uji pH

Sampel uji sebanyak 250 mL dituangkan ke dalam gelas piala. Alat pH meter (Thermo Scientific) dinyalakan, lalu sensor alat dimasukkan ke dalam sampel. Tunggu hingga nilai pH stabil, kemudian catat hasil pengukuran sebagai nilai pH sampel.

B. Cara Uji Karbondioksida (CO₂)

Sampel uji disaring terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran. Setelah itu, sebanyak 10 mL sampel yang telah disaring dimasukkan ke dalam erlenmeyer berukuran 50 mL. Ditambahkan 1

tetes indikator fenolftalein. Jika terdapat kandungan CO_2 , larutan tidak akan menunjukkan perubahan warna. Selanjutnya dilakukan titrasi dengan larutan NaOH 0,1 N hingga larutan berubah menjadi merah muda.

C. Cara Uji Karbonat (CO_3^{2-})

Sampel uji terlebih dahulu disaring untuk memisahkan dari kotoran. Sebanyak 10 mL sampel yang telah disaring dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 1 tetes indikator fenolftalein. Sampel akan berubah warna menjadi merah muda, lalu dilakukan titrasi menggunakan larutan HCl 0,1 N hingga warna hilang.

D. Cara Uji Bikarbonat (HCO_3^-)

Setelah proses penyaringan, sebanyak 10 mL sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan 1 tetes indikator metil oranye. Titrasi dilakukan dengan larutan HCl 0,1 N hingga warna sampel berubah menjadi merah.

E. Cara Uji Klorida (Cl^-)

Sampel dikocok kuat hingga homogen, lalu diambil 1 mL dan diencerkan dengan 50 mL akuades. Kemudian ditambahkan 6 tetes indikator kalium kromat (K_2CrO_4) dan dilakukan titrasi dengan larutan perak nitrat (AgNO_3) sampai warna larutan berubah menjadi merah bata. Metode ini merupakan titrasi argentometri, yang didasarkan pada reaksi ion klorida (Cl^-) dengan ion perak (Ag^+) membentuk endapan perak klorida (AgCl) yang tidak larut.

F. Cara Uji Kalsium dan Magnesium (Ca^{2+} & Mg^{2+})

Sampel yang telah disaring diambil sebanyak 1 mL dan diencerkan dengan 100 mL akuades. Ditambahkan 0,5 mL NaOH 1 N, lalu pH diperiksa menggunakan kertas indikator universal hingga mencapai pH 10. Jika pH belum sesuai, tambahkan NaOH 1 N kembali. Setelah mencapai pH 10, tambahkan 1–2 tetes indikator Eriochrome Black T (EBT). Selanjutnya, titrasi dilakukan menggunakan larutan EDTA 0,02 N hingga larutan berubah warna menjadi biru. Kondisi basa diperlukan dalam uji ini untuk memastikan ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} membentuk kompleks stabil dengan EDTA serta mencegah terbentuknya endapan seperti magnesium hidroksida ($\text{Mg}(\text{OH})_2$) pada pH rendah.

G. Cara Uji Kalsium (Ca^{2+})

Sampel yang telah disaring diambil sebanyak 1 mL, kemudian diencerkan dalam 100 mL akuades. Tambahkan 0,5 mL NaOH 1 N, lalu periksa pH menggunakan kertas indikator hingga mencapai pH 10. Jika pH belum sesuai, tambahkan kembali NaOH 1 N. Setelah pH tercapai, tambahkan 1–2 tetes indikator calcon. Titrasi dilakukan menggunakan EDTA 0,02 N hingga larutan berubah warna menjadi biru.

H. Cara Uji Sulfat (SO_4^{2-})

Sebanyak 10 mL sampel yang telah disaring dimasukkan ke dalam kuvet Hach, kemudian ditambahkan reagen sulfat. Segera nyalakan stopwatch dan atur waktu selama 3 menit untuk memastikan reagen bereaksi sempurna. Selama menunggu, homogenkan larutan. Setelah 3 menit, masukkan larutan ke dalam spektrofotometer UV-Vis dan lakukan pengujian menggunakan metode sulfat yang sesuai.

I. Cara Uji Besi (Fe^{3+})

Masukkan 10 mL sampel ke dalam kuvet Hach, lalu tambahkan reagen besi dan homogenkan. Jalankan stopwatch selama 3 menit agar reaksi berlangsung optimal. Setelah waktu reaksi selesai, lakukan analisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan metode pengujian besi (Fe^{3+}) yang telah ditentukan.

J. Cara Uji Hidrogen Sulfida (H_2S)

Nyalakan spektrofotometer dan pilih menu pengujian, lalu cari dan pilih metode pengujian H_2S sesuai dengan kode yang tersedia. Masukkan 10 mL sampel uji ke dalam kuvet Hach, tambahkan masing-masing 0,5 mL reagen sulfide 1 dan sulfide 2. Diamkan selama 10 menit agar reaksi berlangsung sempurna, kemudian masukkan kuvet ke dalam alat untuk dilakukan pembacaan hasil.

K. Cara Uji Amonia (NH_3)

Nyalakan spektrofotometer terlebih dahulu, lalu pilih menu start dan cari metode pengujian amonia dengan memasukkan kode yang sesuai. Ambil 10 mL sampel uji menggunakan pipet dan masukkan ke dalam kuvet Hach. Tambahkan reagen ammonia salicylate dan tunggu selama 3 menit. Setelah itu, tambahkan reagen ammonium cyanurate dan diamkan selama 15 menit sambil dihomogenkan secara perlahan. Setelah waktu reaksi selesai, sampel siap dianalisis menggunakan spektrofotometer.

L. Cara Uji Kandungan Minyak (Oil Content)

Tuangkan sampel uji ke dalam labu ukur 250 mL, kemudian pindahkan ke dalam corong pisah dengan volume yang sama. Tambahkan 25 mL toluena ke dalam labu ukur untuk membilas sisa sampel, lalu tuangkan seluruhnya ke dalam corong pisah. Kocok campuran hingga terbentuk dua lapisan, lalu diamkan selama ± 30 menit hingga kedua lapisan benar-benar terpisah. Pisahkan lapisan atas (toluena yang mengandung minyak), lalu saring menggunakan kertas saring. Minyak hasil ekstraksi kemudian dimasukkan ke dalam kuvet dan siap dianalisis menggunakan spektrofotometer.

M. Cara Uji Total Dissolved Solid (TDS)

Langkah pertama, gelas piala kosong dipanaskan dalam oven pada suhu 100°C selama 30 menit untuk menghilangkan kelembaban. Setelah itu, gelas didinginkan di dalam desikator selama 15 menit dan kemudian ditimbang untuk memperoleh massa awal gelas piala kosong (25 mL). Selanjutnya, dipipet 10 mL sampel uji dan dimasukkan ke dalam gelas piala. Sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 160 menit hingga air menguap seluruhnya. Setelah pengeringan, gelas piala yang berisi residu didinginkan kembali dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang hingga mencapai berat konstan. Nilai TDS diperoleh dari selisih berat gelas piala kosong dengan berat gelas piala yang berisi residu kering, lalu dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{TDS} = \frac{\text{berat gelas akhir} - \text{berat gelas awal}}{10} \times 1.000.000 = \dots \text{ppm}$$

N. Cara Uji Total Suspended Solid (TSS)

Langkah awal, kertas saring Whatman dipanaskan dalam oven pada suhu 100°C selama 30 menit untuk menghilangkan kelembaban, kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit. Setelah itu, kertas saring ditimbang dan hasilnya dicatat sebagai berat awal. Sebanyak 10 mL sampel uji dituangkan ke atas kertas saring dan dibiarkan hingga seluruh cairan tersaring sempurna. Kertas saring yang telah digunakan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 160 menit. Setelah proses pengeringan selesai, kertas saring didinginkan kembali dalam desikator selama 15 menit, lalu ditimbang hingga berat konstan. Jumlah padatan

tersuspensi (TSS) dihitung dari selisih berat kertas saring sebelum dan sesudah digunakan, dan dianalisis menggunakan rumus berikut:

$$\text{TSS} = \frac{\text{berat kertas saring akhir} - \text{berat kertas saring awal}}{10} \times 1.000.000 = \dots \text{pp}$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengujian ini sampel yang digunakan adalah air injeksi. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan kualitas air injeksi yang digunakan dalam kegiatan *Enhanced Oil Recovery* (EOR) agar tidak menimbulkan kerusakan pada formasi reservoir maupun peralatan produksi. Oleh karena itu, dilakukan pengujian sifat fisik, kimia, serta analisis kandungan ion seperti Fe^{3+} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} bebas, untuk memastikan bahwa air tersebut sesuai dengan standar kualitas air injeksi yang telah ditetapkan perusahaan. Sebelum dilakukan pengujian, tahap awal yang dilakukan adalah preparasi sampel.

4.1 Preparasi Sampel

Pada penelitian ini, tahap awal dari proses analisis dimulai dengan preparasi sampel yang akan diuji. Langkah-langkah preparasi tersebut mencakup proses pengambilan dan pengawetan sampel. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil sebagian kecil dari populasi yang lebih besar untuk mewakili keseluruhan dalam analisis. Sementara itu, pengawetan bertujuan untuk memperlambat kerusakan pada sampel dengan menyimpannya pada suhu tinggi guna menghambat proses degradasi. Pengawetan ini dilakukan apabila sampel tidak bisa langsung dianalisis setelah diambil.

4.2 Hasil Pengujian Parameter Fisika

Dalam pengujian ini, dilakukan pengukuran nilai *specific gravity* dan pH pada sampel air injeksi. Hasil dari pengukuran tersebut disajikan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Hasil analisis fisika air injeksi		
Parameter	Hasil	Limit
Warna	Kecokelatan, Keruh	
SG/Suhu	1.008/30°C	<1.010/<30°
Turbidity	432 NTU	<7
TDS	8020 ppm	<2000
TSS	37 ppm	<8
RPI	50 μm	<10

Tabel 1 merupakan hasil analisis air injeksi dari segi warna menunjukkan kecoklatan dan keruh bahwa air tersebut mengandung banyak kontaminan, terutama padatan tersuspensi seperti lumpur, tanah liat, atau partikel halus lainnya, serta kemungkinan adanya logam terlarut seperti besi (Fe^{3+}) yang membentuk endapan berwarna coklat kemerahan, warna ini juga disebabkan oleh emulsi minyak dan aktivitas mikroorganisme, seperti bakteri pereduksi sulfat yang menghasilkan senyawa berwarna gelap. Kondisi ini

mencerminkan nilai turbidity dan TSS yang tinggi, yang berisiko menyebabkan penyumbatan pori-pori batuan reservoir, abrasi pada peralatan, dan penurunan efisiensi injeksi. Oleh karena itu, air dengan warna dan kekeruhan seperti ini tidak layak digunakan tanpa proses pemurnian tambahan seperti filtrasi atau sedimentasi terlebih dahulu. Nilai *specific gravity* (SG) yang diperoleh yaitu sebesar 1.008 masih berada di bawah batas standar minimum, yaitu 1.010. Nilai SG ini menunjukkan bahwa massa jenis air tersebut sedikit lebih rendah dari ketentuan standar untuk air injeksi, yang dapat berdampak pada efisiensi proses injeksi ke dalam formasi. Sedangkan suhu yang diperoleh sebesar 30°C masih berada tepat diambang batas maksimum yang diperbolehkan. Nilai *turbidity* atau kekeruhan yang dihasilkan adalah sebesar 432 NTU, yang jauh melampaui batas standar maksimum, yaitu < 7 NTU. Tingkat kekeruhan yang sangat tinggi ini mengindikasikan keberadaan partikel tersuspensi dalam jumlah besar, yang kemungkinan berasal dari padatan halus, lumpur, atau mikroorganisme. Kekeruhan yang tinggi sangat tidak disarankan dalam proses injeksi karena dapat menyumbat pori-pori batuan reservoir dan menurunkan efisiensi injeksi. Oleh karena itu, sangat diperlukan adanya proses filtrasi atau klarifikasi lanjutan sebelum air digunakan untuk proses injeksi ke dalam sumur.

Kemudian nilai TDS (*Total Dissolved Solids*) yang diperoleh sebesar 8020 ppm menunjukkan jumlah total zat terlarut dalam air injeksi yang sangat tinggi, jauh melebihi batas maksimum yang diperbolehkan <2000 ppm. Kandungan TDS yang tinggi ini mengindikasikan keberadaan garam-garam anorganik seperti natrium, klorida, kalsium, magnesium dan ion-ion lainnya dalam konsentrasi yang besar. Tingginya TDS dapat berdampak buruk terhadap keseimbangan kimia didalam formasi, seperti reaksi pengendapan atau pertukaran ion yang tidak diinginkan. Selain itu, TDS yang tinggi juga berpotensi meningkatkan tingkat korosi terhadap material logam pada pipa dan peralatan lainnya di sistem injeksi. Oleh karena itu, perlakuan khusus seperti pemurnian air. Selanjutnya, nilai TSS (*Total suspended solid*) yang diperoleh adalah 37 ppm, yang juga jauh melebihi batas maksimum sebesar <8 ppm. Nilai ini menindikasikan banyaknya partikel-partikel padat tersuspensi ini berpotensi menyumbat pori-pori batuan reservoir, yang dapat menurunkan permeabilitas formasi dan menyebabkan penurunan efisiensi injeksi secara signifikan. Selain itu, TSS yang tinggi juga dapat mempercepat kerusakan pada sistem filtrasi dan meningkatkan beban kerja pada peralatan pengolahan awal. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan proses filtrasi lanjutan atau pengendapan melalui metode sedimentasi atau klarifikasi agar air injeksi memiliki tingkat kejernihan yang

sesuai standar. Parameter fisik terakhir yang diuji adalah RPI (*relative plugging index*) dengan nilai sebesar $50\mu\text{m}$, yang sangat melebihi batas maksimum yaitu $<10\mu\text{m}$. Nilai RPI menggambarkan tingkat penyumbatan relatif air terhadap media pori batuan, dan nilai yang tinggi merupakan indikasi kuat bahwa air tersebut memiliki potensi besar untuk menyebabkan penyumbatan pada formasi reservoir. Hal ini sangat merugikan karena dapat menurunkan laju injeksi, memperkecil efektivitas distribusi air didalam formasi, serta meningkatkan biaya operasional akibat kebutuhan stimulasi ulang atau pembersihan sumur. Oleh karena itu, air dengan nilai RPI tinggi tidak layak langsung digunakan sebagai air injeksi tanpa melalui proses pre-treatment yang memadai, seperti penggunaan bahan kimia yaitu *Scale inhibitor* yang dapat mengurangi laju pembentukan kerak.

Secara keseluruhan, berdasarkan hasil pengujian parameter fisika ini, air injeksi belum sepenuhnya memenuhi kriteria kualitas yang dipersyaratkan, Hal ini menunjukan perlunya Tindakan perbaikan kualitas air melalui proses pretreatmen seperti filtrasi, sedimentasi, atau penambahan bahan kimia untuk menyesuaikan standar yang berlaku sebelum digunakan dalam operasi lapangan.

4.3 Hasil Pengujian Parameter Kimia

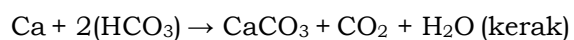
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan ion dan senyawa kimia dalam air injeksi guna memastikan kesesuaian dengan standar kualitas yang ditetapkan. Pada pengujian ini digunakan dua metode utama, yaitu dengan cara titrasi untuk parameter seperti CO_2 , CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- , Ca^{2+} & Mg^{2+} , Ca. dan dengan cara spektrofotometri untuk parameter seperti SO_4^{2-} , Fe^{3+} , Amoniak (NH_3), H_2S dan *Oil Content*.

Tabel 2. Hasil analisis kandungan kimia air injeksi

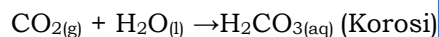
Parameter	Hasil	Limit
pH	8	6-9
CO_2	0 ppm	
CO_3^{2-}	1.38 ppm	
HCO_3^-	29.54 ppm	
Cl^-	311.41 ppm	
Ca^{2+} & Mg^{2+}	6.00 ppm	
Ca	4.00 ppm	
SO_4^{2-}	0 ppm	
Fe^{3+}	0,02 ppm	<1
Amoniak	0,72 ppm	5
H_2S	0,15 ppm	<0.5
Oil Content	47,00 ppm	<25

Tabel 2 merupakan hasil analisis air injeksi secara kimia bertujuan untuk mengetahui potensi gangguan kimia yang berpotensi terbentuknya kerak

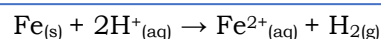
ataupun karat. Nilai pH sebesar 8 menunjukkan bahwa air bersifat sedikit basa. Kondisi ini masih tergolong baik karena berada dalam rentang standar yang ditetapkan (6-9). Namun, pH yang sedikit basa ini juga perlu diperhatikan karena berpotensi menyebabkan pengendapan senyawa-senyawa karbonat seperti kalsium karbonat (CaCO_3), terutama jika kandungan ion kalsium (Ca^{2+}) dan karbonat (CO_3^{2-}) cukup tinggi didalam air. Proses ini dikenal dengan istilah *scale formation*, yaitu pembentukan kerak atau endapan dalam system perpipaan yang dapat menyumbat aliran fluida dan mengganggu operasi produksi maupun injeksi. Pada pengujian kadar CO_2 bebas ini terdapat dalam air apabila pH air maksimum 9. Pada pengujian ini menggunakan metode titrasi asam basa yaitu titrasi yang menggunakan larutan standar berupa basa dengan menggunakan indikator PP (*fenolftalein*), jika warna air berubah menjadi warna pink maka hal ini menunjukkan bahwa pH air lebih tinggi dari 9 sehingga tidak terdapat CO_2 bebas. Sedangkan jika air tidak bewarna, berarti sesuai dengan baku mutu standar sedangkan hasil pengujian pada CO_2 dalam air injeksi menunjukan bahwa tidak terdapat kandungan gas asam karbonat bebas. Ini merupakan kondisi ideal karena keberadaan CO_2 dalam air dapat menyebabkan keasaman meningkat dan mempercepat proses korosi pada sistem perpipaan dan peralatan produksi. Reaksi yang terjadi yaitu:



Endapan CaCO_3 yang terbentuk dapat menempel pada permukaan pipa dan peralatan, sehingga membentuk kerak (*scale*) yang berpotensi menyumbat aliran fluida dan menurunkan efisiensi sistem. Oleh karena itu, meskipun pH air masih dalam batas aman, pemantauan kandungan ion-ion penyusunan kerak tetap diperlukan untuk mencegah gangguan operasional. Apabila air memiliki nilai pH <7, maka air dalam kondisi asam. Kondisi ini dapat disebabkan oleh keberadaan gas asam seperti karbon dioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S). Keasaman yang tinggi dalam air injeksi harus diwaspadai karena dapat menyebabkan korosi pada peralatan produksi dan sistem perpipaan. Adapun reaksi yang terjadi yaitu:

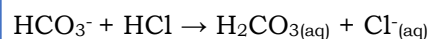


Asam karbonat yang terbentuk bersifat lemah namun cukup untuk menurunkan pH air dan menjadikannya bersifat asam. Dalam kondisi ini, H_2CO_3 dapat terionisasi menjadi ion hidrogen (H^+) dan ion bikarbonat (HCO_3^-), dimana keberadaan ion H^+ inilah yang berperan besar dalam mempercepat proses pada logam, seperti besi (Fe), melalui reaksi:



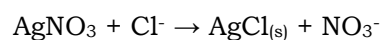
Proses ini menyebabkan logam teroksidasi dan melepaskan gas hidrogen, yang bertujuan pada kerusakan peralatan dan sistem perpipaan. Oleh karena itu, keberadaan CO_2 terlarut dalam air injeksi perlu diawasi karena dapat menciptakan lingkungan asam yang mempercepat korosi dan menurunkan umur pakai peralatan produksi.

Pada pengujian CO_3^{2-} (karbonat) yaitu 1.38 ppm dan HCO_3^- (bikarbonat) yaitu 29.54 ppm kedua parameter ini berkaitan langsung dengan kesadahan air serta kemampuan penyangga pH. Ion karbonat dan bikarbonat bersifat basa dan dapat membentuk endapan jika bereaksi dengan ion logam seperti kalsium (Ca^{2+}) dan magnesium (Mg^{2+}). Meskipun CO_3^{2-} relatif rendah, nilai HCO_3^- yang mendekati 30 ppm perlu diperhatikan karena dalam kondisi pH sedikit basa, senyawa ini dapat membentuk pengendapan CaCO_3 (kalsium karbonat). Proses ini disebut pembentukan kerak, yang dapat menyumbat pipa dan pori-pori formasi reservoir. Pada pengujian HCO_3^- ini menggunakan titrasi asam basa yaitu titrasi dengan menggunakan larutan baku yang bersifat dalam penetapan kadar suatu zat yang bersifat asam kemudian ditambahkan 3 tetes indikator metil orange yang bertujuan untuk menandai titik ekuivalen titrasi yang ditandai dengan perubahan warna larutan yang awalnya berwarna orange muda menjadi orange tua (kemerahan). Warna ini dikarenakan adanya pengaruh ion H^+ dari HCl yang bereaksi dengan *indikator metil orange*. Adapun reaksi antara HCO_3^- dengan HCl yaitu:

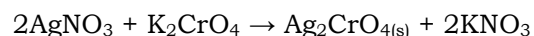


Penentuan kadar klorida menggunakan titrasi argentometri. Metode ini digunakan untuk menentukan kadar klorida dalam rentang pH 7-10 dengan larutan standar AgNO_3 dan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ digunakan sebagai indikator pada saat titik akhir titrasi. Titrasi dilakukan dalam suasana netral, apabila ion klorida telah habis diendapkan oleh ion perak maka ion kromat akan berwarna merah bata yang ditandai sebagai titik akhir titrasi.

Reaksi saat sebelum titik ekuivalen (reaksi endapan putih) :



Reaksi setelah titik ekuivalen (reaksi endapan merah bata) :



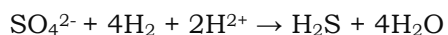
Dapat dilihat dari tabel hasil analisis diperoleh hasil ion klorida adalah 311.41 ppm. Nilai ini cukup tinggi untuk ukuran air injeksi. Ion klorida memiliki sifat korosif terhadap logam, terutama bila digabungkan dengan senyawa lain seperti H_2S atau Fe. Klorida juga dapat mempercepat kerusakan pada material baja dan memperpendek umur pakai peralatan. Oleh karena itu, nilai harus

dimonitor dan dikendalikan, meskipun tidak memiliki Batasan mutlak dalam standar umum.

Selanjutnya pada pengujian kalsium (Ca^{2+}) dilakukan menggunakan titrasi kompleksometri, penentuan kalsium ini penting dilakukan untuk mengetahui kadar kalsium dalam air. Hal ini dikarenakan ion kalsium merupakan komponen utama dalam air injeksi yang berpengaruh terhadap pembentukan kerak pada pipa. Ion kalsium (Ca^{2+}) dapat bereaksi dengan ion karbonat dan ion sulfat yang membentuk endapan tersuspensi (CaCO_3) atau (CaSO_4) yang disebut dengan kerak. Pada penentuan kalsium ini sampel berupa air injeksi ditambahkan indikator calconcarbonsare maka akan menimbulkan warna ungu kemudian dititrasi dengan larutan standar EDTA hingga terjadi perubahan menjadi biru sebagai titik akhir titrasi. Pada penentuan magnesium (Mg^{2+}) dilakukan melalui titrasi kompleksometri. Titrasi kompleksometri adalah titrasi yang melibatkan pembentukan senyawa kompleks antara analit dan senyawa pengompleks. Senyawa pengompleks yang digunakan adalah EDTA (*ethylenediaminetetraacetic acid*). Proses titrasi magnesium juga melibatkan indikator EBT (*eriochrome black T*) dan saat dititrasi dengan EDTA maka magnesium akan membentuk suatu senyawa kompleks dengan EDTA hingga tercapai titik akhir titrasi yang ditandai dengan munculnya warna biru. Warna biru muncul setelah tercapainya titik ekuivalen dimana analit (Mg^{2+}) sudah habis bereaksi sehingga EDTA akan bereaksi dengan indikator EBT. Titrasi magnesium (Mg^{2+}) juga harus mengkondisikan pH larutan menggunakan larutan buffer. Nilai gabungan Ca^{2+} & Mg^{2+} sebesar 6.00 ppm dan Ca^{2+} sebesar 4.00 ppm masih dalam kategori rendah-sedang, namun tetap memiliki potensi pembentukan kerak dalam jangka Panjang, terutama jika tidak ditangani dengan penggunaan *scale inhibitor*.

Pengujian terhadap parameter kimia seperti SO_4^{2-} , Fe^{3+} , NH_3 (amoniak) dan H_2S (hydrogen sulfida) dilakukan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis, yang bekerja berdasarkan hukum lambert-Beer. Prinsip hukum ini menyatakan bahwa absorbansi cahaya sebanding dengan konsentrasi zat dalam larutan dan Panjang lintasan cahaya yang dilaluinya. Masing-masing parameter dianalisis pada Panjang gelombang tertentu sesuai karakteristik spectral dari senyawa yang diuji yaitu pada SO_4^{2-} (sulfat) diukur dengan panjang gelombang 420 nm, Fe^{3+} (besi) pada 510 nm, NH_3 (amoniak) pada 425 nm, H_2S (hidrogen sulfida) pada 665 nm. Sulfat (SO_4^{2-}) dengan hasil 0 ppm menunjukkan bahwa tidak ada kandungan sulfat terdeteksi dalam air injeksi ini. Ini merupakan kondisi yang sangat baik karena sulfat dapat menjadi nutrisi bagi bakteri

pereduksi sulfat (SRB) yang menghasilkan H₂S sebagai produk metabolisme. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:

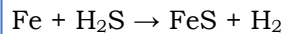


H₂S bersifat sangat korosi dan beracun sehingga ketiadaan SO₄²⁻ membantu mencegah pembentukan korosif mikrobiologis. Pada pengujian Besi (Fe³⁺) terdeteksi sebesar 0.02 ppm, masih jauh di bawah ambang batas <1 ppm. Kandungan besi yang rendah mengindikasikan bahwa air injeksi tidak memiliki potensi tinggi membentuk endapan oksida besi (Fe(OH)₃) yang dapat menyumbat pipa atau mengganggu sistem injeksi. Namun, tetap perlu dilakukan pemantauan karena peningkatan kadar Fe dapat menjadi indikator awal korosi internal dalam sistem perpipaan.

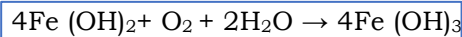
Pada Amoniak (NH₃) diperoleh sebesar 0.72 ppm, masih di bawah batas maksimum 5 ppm. Meski tidak melebihi standar, keberadaan amoniak dalam air tetap memiliki implikasi teknis. Amoniak dapat merangsang pertumbuhan bakteri nitrifikasi, serta bereaksi dengan logam seperti Cu²⁺ pada pipa membentuk senyawa kompleks [Cu(NH₃)₄]²⁺ yang bersifat korosif terhadap logam. Disamping itu, amonia dapat mengendap dalam bentuk ammonium klorida (NH₄Cl), yang berisiko menyebabkan penyumbatan pipa jika bereaksi dengan ion Cl⁻ yang juga tinggi (311,41 ppm). Selanjutnya pada pengujian H₂S (hidrogen sulfida) sebesar 0.15 ppm masih dalam batas aman <0.5 ppm. Namun demikian, meski nilainya rendah, keberadaannya harus diwaspadai karena H₂S dikenal sebagai gas beracun dan sangat korosif, terutama pada lingkungan asam. Korosi akibat H₂S sering disebut sebagai sour corrosion, yang dapat menyebabkan pelapukan logam dan retakan pada baja karbon. Reaksi yang terjadi antara H₂S dengan logam besi (Fe) dapat menghasilkan FeS (ferro sulfida) yang berwarna hitam dan menyebabkan kerusakan material dalam jangka panjang.

Pada Pengujian kandungan minyak (*oil content*) dalam air injeksi dilakukan dengan metode ekstraksi cair – cair menggunakan pelarut toluena, dimana minyak dalam air dipisahkan melalui corong pisah, kemudian lapisan toluena yang mengandung minyak yang kemudian diikuti dengan pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Prosedur ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi minyak yang terlarut atau tersuspensi dalam air, yang merupakan salah satu parameter kritis dalam kualitas air injeksi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kandungan minyak (*oil content*) dalam air injeksi sebesar 47,00 ppm, yang melebihi batas standar maksimum sebesar 25 ppm. Nilai yang tinggi ini menandakan adanya sisa hidrokarbon yang tidak terpisah sempurna dari hasil produksi. Kandungan minyak yang

melebihi batas dapat menimbulkan sejumlah permasalahan serius dalam sistem injeksi, seperti penyumbatan pori-pori formasi, yang mengurangi efisiensi penyerapan air oleh batuan reservoir, serta pelapisan pada pipa dan peralatan akibat endapan minyak. Selain itu, minyak dapat menjadi dasar bagi pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri pereduksi sulfat (SRB), yang menghasilkan gas hidrogen sulfida (H_2S). Gas H_2S yang dihasilkan ini bersifat sangat korosif dan dapat bereaksi dengan logam pipa seperti besi (Fe) membentuk Ferro sulfida (FeS) sebagai berikut:



Fes merupakan endapan hitam yang biasa ditemukan dalam system injeksi atau produksi, dan dapat menyebabkan penyumbatan serta korosi lokal pada logam. Selain itu, minyak yang tidak terpisah dengan baik dapat membentuk emulsi stabil dengan air, yang sulit dipisahkan dan cenderung menyumbat pori-pori formasi batuan. Dalam kondisi ini, senyawa hidrokarbon dapat menempal pada permukaan logam, membentuk lapisan non-polar yang menghambat difusi oksigen dan mempercepat terjadinya korosi. Reaksi korosi oleh oksigen terlarut dalam air juga bisa dipicu dalam sistem sebagai berikut:



Secara keseluruhan, kandungan minyak yang tinggi mempercepat korosi, menyumbat sistem, dan menurunkan efisiensi. Oleh karena itu, sebelum air digunakan, kandungan minyak harus diturunkan melalui proses filtrasi, Flotasi, atau pemisahan kimia agar reaksi-reaksi merugikan tersebut dapat dicegah atau diminimalkan.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari penelitian mengenai analisis kualitas air injeksi pada sumur A berdasarkan parameter fisik dan kimia dapat disimpulkan yaitu:

1. Kualitas air injeksi pada Sumur A belum memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan, ditunjukkan oleh beberapa parameter yang berada di luar batas yang diizinkan, seperti *Specific Gravity* (SG), *turbidity*, TDS, TSS, RPI, dan kandungan minyak (*oil content*) yang nilainya melebihi ambang batas standar.
2. Hasil analisis fisika dan kimia menunjukkan bahwa air injeksi bersifat sedikit basa (pH 8) dengan tingkat kekeruhan tinggi (432 NTU), kandungan minyak 47,00 ppm, serta terdapat senyawa kimia seperti Fe^{3+} , H_2S , amonia, dan ion klorida yang dapat memicu korosi, fouling, serta pembentukan kerak pada sistem injeksi dan reservoir.
3. Solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi kualitas air yang tidak sesuai meliputi proses filtrasi padatan tersuspensi, pemisahan minyak dengan oil-water separator, serta penambahan bahan kimia seperti *corrosion inhibitor* dan *scale inhibitor* guna menjaga keandalan peralatan dan efektivitas injeksi ke dalam formasi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis, disarankan agar air injeksi pada sumur A terlebih dahulu melalui proses pengolahan lanjutan seperti filtrasi untuk mengurangi kadar TSS dan kekeruhan, serta pemisahan minyak menggunakan oil-water separator kandungan *oil content* memenuhi standar. Selain itu, perlu penambahan bahan kimia seperti *corrosion inhibitor* dan *scale inhibitor* untuk mencegah terjadinya korosi akibat keberadaan ion H_2S , Fe^{3+} dan Cl^- , serta pembentukan kerak dari senyawa karbonat.

DAFTAR PUSTAKA

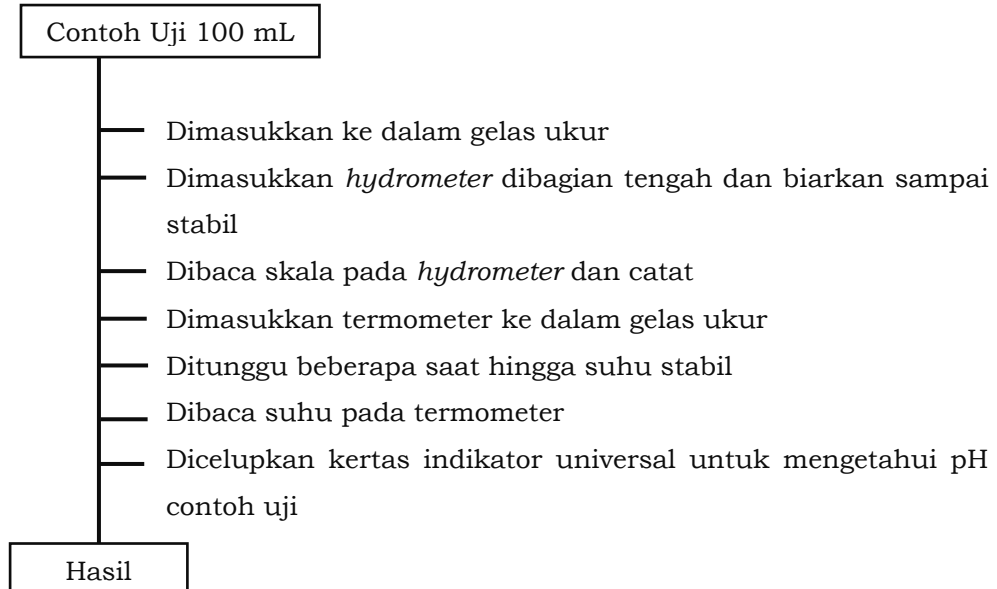
- Agustin, L., & Agustina, R. (2020). Komparasi Unjuk Kerja Peralatan Spektrofotometer UV-VIS Perkin Elmer Lambda 3 Dengan Hitachi U-2900 Pada Penentuan Total Phenolic Content. *Jurnal Teknik: Ilmu Dan Aplikasi*, 08(1), 42–46.
- Alighiri, D., Fatmala, C., Syafi'i, I., Haditya, B., Kimia, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2018). Studi Pembentukan Scale CaCO_3 dan CaSO_4 pada Air Formasi Sumur Minyak di Cepu, Indonesia. *Jurnal Fisika*, 8(1), 28–36.
- Andalucia, S., A. S. dan W. T. K. (2025). Perancangan M-Fin Vertical Surface Sebagai Alat Filtration Untuk Menurunkan Komposisi Air Formasi Pada Lapangan S-07. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 4(5), 555–572.
- Anugrah, A., Luh, N., Ratna, G., Kiswandono, A. A., & Shinta, D. (2020). Analisa Kualitas Air Injeksi Berdasarkan Parameter H_2S , Bakteri, dan Scale Index di SP VI Talang Jimar PT.Pertamina. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 5(01), 82–91.
- Dahrul, E., & Ridlo Pramurti, A. (2019). Pengukuran pH dan Pengaruh Gas Terlarut di Dalam Air terhadap Laju Korosi pada Air Injeksi untuk Keperluan Water Flooding. *Seminar Nasional Rekayasa Dan Teknologi*, 1(November), 2–3.
- Firdaus. (2020). Pengolahan Air Terproduksi Pada Lapangan “FD.” *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 4(1), 28–35.
- Juliansyah, O., & Alida, R. (2016). Analisa Kinerja Injeksi Air Dengan Metode Voidage Replacement Ratio Di Pt. Pertamina Ep Asset 1 Field Ramba. *Jurnal Teknik Patra Akademika*, 7(1), 41–48.
- Khofifah, K., & Utami, M. (2022). Analysis of total dissolved solid (TDS) and total suspended solid (TSS) levels in liquid waste from sugar cane industry. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 7(1), 43–49.
- Kusniati, E. (2023). Pemanfaatan Sekam Padi Sebagai Karbon aktif Untuk Menurunkan Kadar pH, Turbidity, TSS dan TDS. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 2(10), 4183–4198.
- Listiana, L., Wahianto, P., Ramadhani, S. S., & Ismail, R. (2022). Penetapan Kadar Tanin Dalam Daun Mangkokan (*Nothopanax scutellarium* Merr) Perasan Dan Rebusan Dengan Spektrofotometer UV-Vis. *Pharmacy Genius*, 1(1), 62–73.
- Damayanti, P. V & Prasetya, A. I. G. N. J. (2021). Pengaruh Suhu terhadap Stabilitas Larutan Vitamin C (*Acidum ascorbicum*) dengan Metode Titrasi Iodometri. *CERATA Jurnal Ilmu Farmasi*, 12(2), 17–20.

- Ratih Nurwanti, Hasty Hamzah, & Nurdiyanti. (2023). Uji Kadar Zat Besi (Fe) Dalam Sediaan Obat Tambah Darah (Ferro Fumarat) Dengan Metode Kompleksometri. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*, 2(1), 38–43.
- Rina Amelia, Slamet Triyadi, U. M. (2023). 3 1,2,3. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(23), 656–664.
- Ristyana, L. (2022). Analisis Kandungan DO, BOD, COD, TS, TDS, TSS dan Analisis Karakteristik Fisikokimia Limbah Cair Industri Tahu di UMKM Daerah Imogiri Barat Yogyakarta Ristyana Listyaningrum. *Universitas Ahmad Dahlan*, 1(6), 1–11.
- Santoso, I. ., & Purbaningtias, T. . (2017). Pengaruh Metode Pencucian terhadap Penurunan Kadar Klorida dalam Beras dengan Titrasi Argentometri. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pembelajarannya*, 5(November), 277–285.
- Sulistiyani, M., Huda, N., Prasetyo, R., Alauhdin, D. M., & Abstrak, I. A. (2023). Calibration of Microplate Uv-Vis Spectrophotometer for Quality Assurance Testing of Vitamin C using Calibration Curve Method. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 12(2), 208–215.
- Tiana, A. N. (2015). Air Terproduksi: Karakteristik dan Dampaknya Terhadap Lingkungan. *Jurnal Teknik Kimia*, 1(1), 1–11.
- Yazid, E., M. Y. dan W. H. (2018). Evaluasi Kinerja Water Treatment Injection Plant Untuk Pressure Maintenance Pada Sumur X Struktur Y Di Pt Pertamina Ep Asset 2 Pendopo Field Evaluation of Water Treatment Injection Plant for Maintenance Pressure in Well X Structure Y in Pt Pertamina Ep As. *Universitas Sriwijaya Jl. Raya Palembang-Prabumulih KM*, 2(4), 15–23.

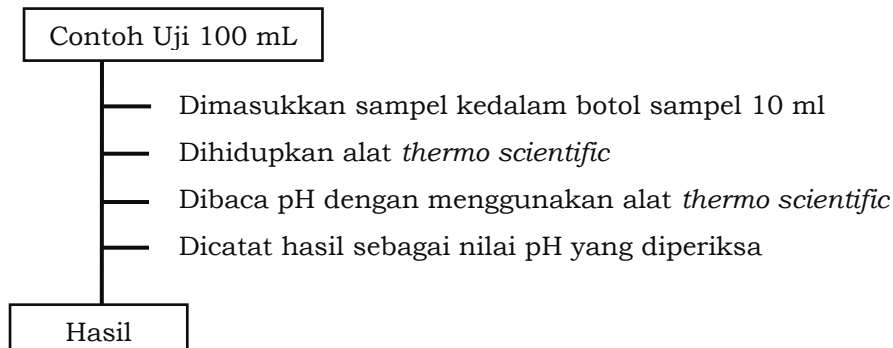
LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja

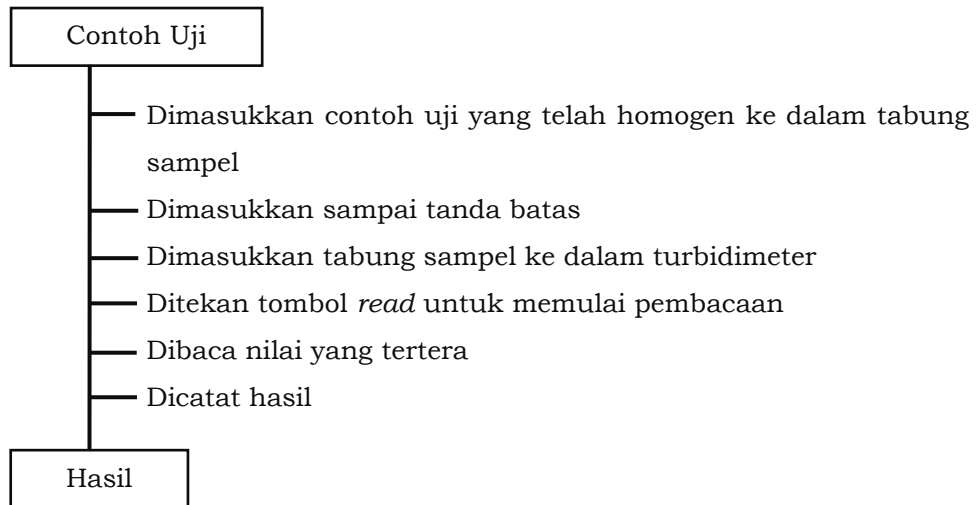
- Analisis Specific Gravity menurut ASTM D-1298-80



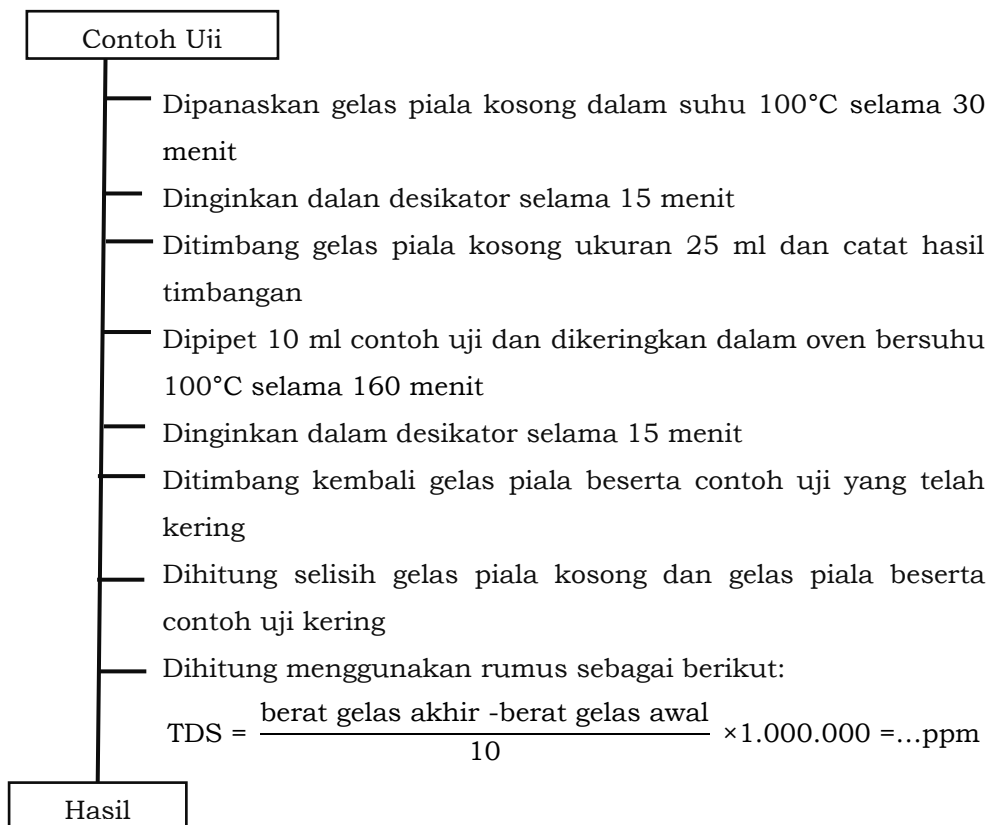
- Analisis pH



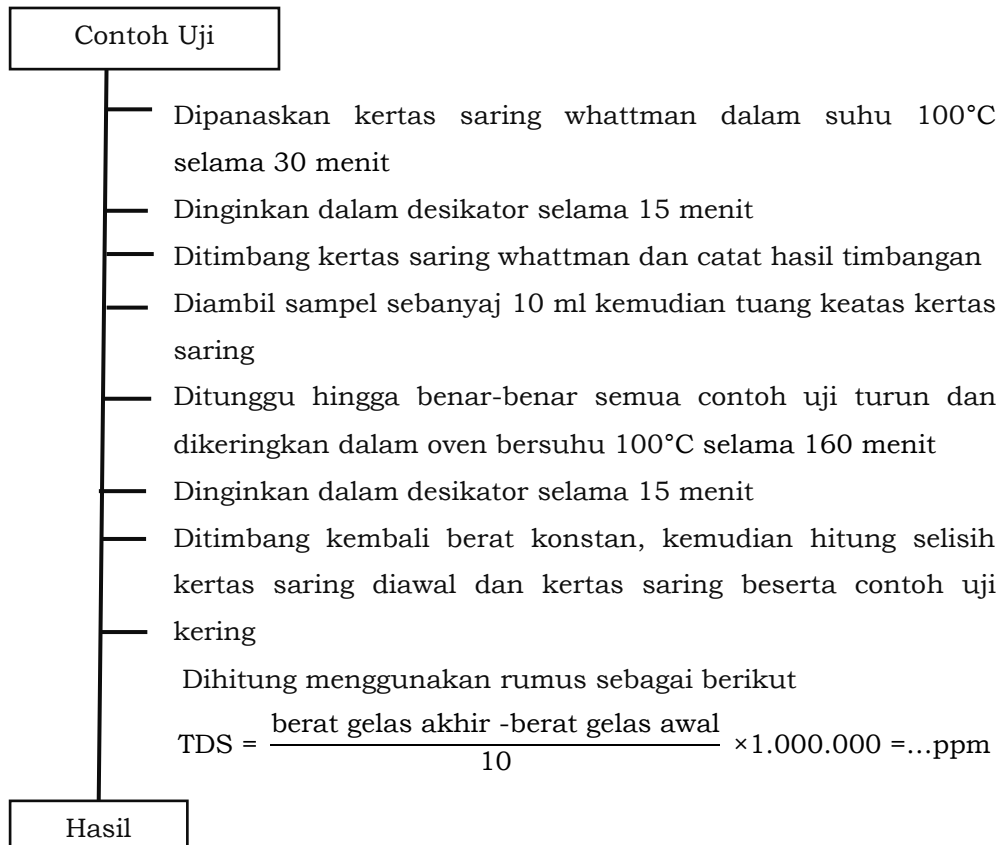
- Analisis turbiditi



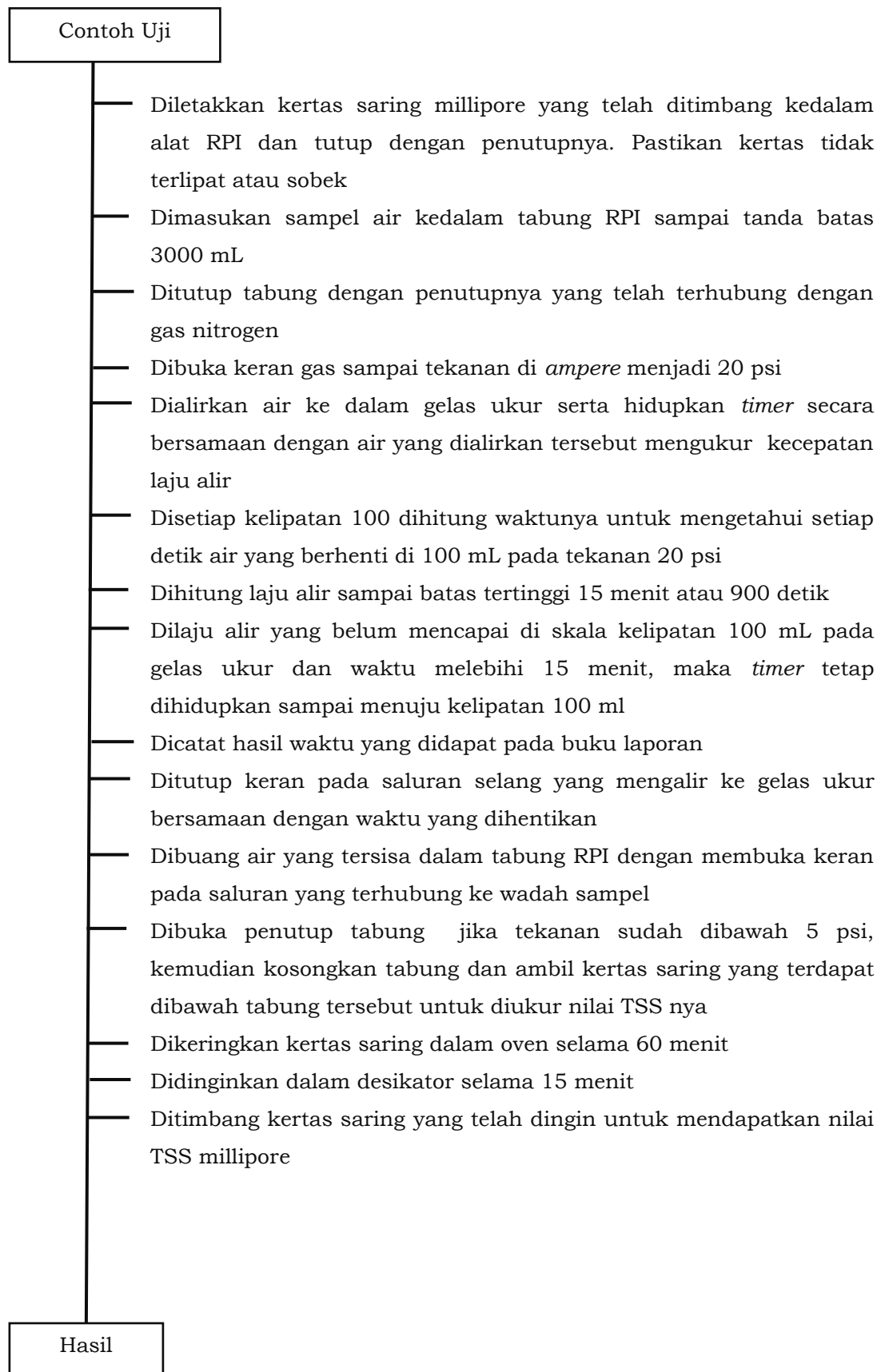
- Analisis total dissolved solid (TDS)

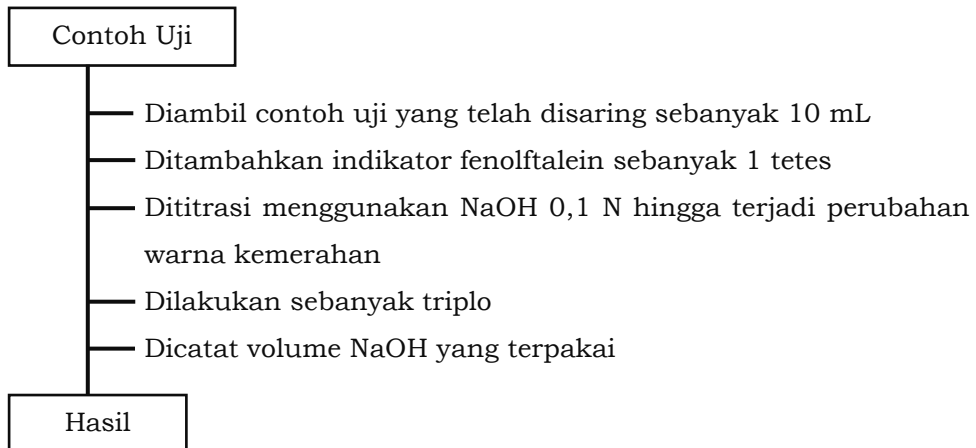
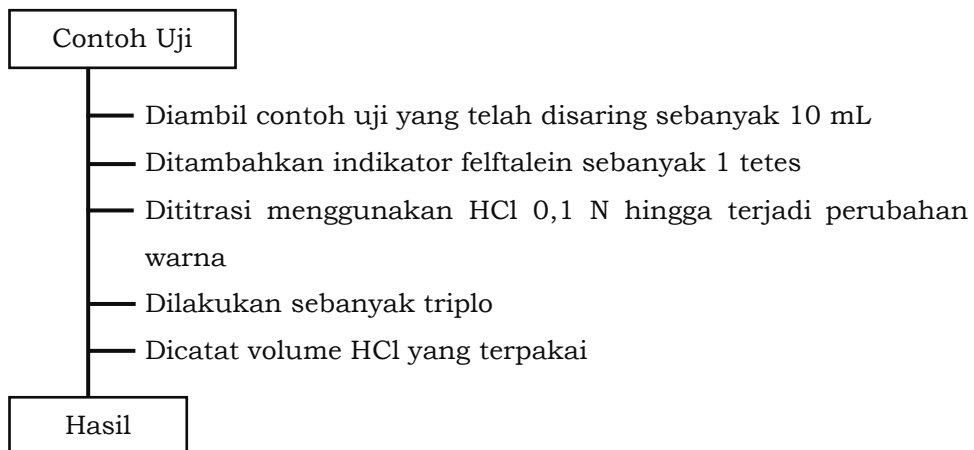
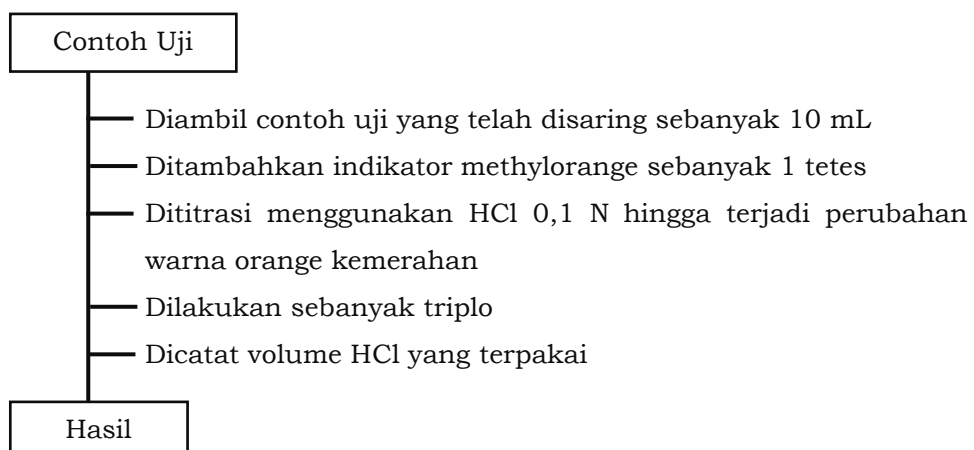


- Analisis total *suspended solid* (TSS)

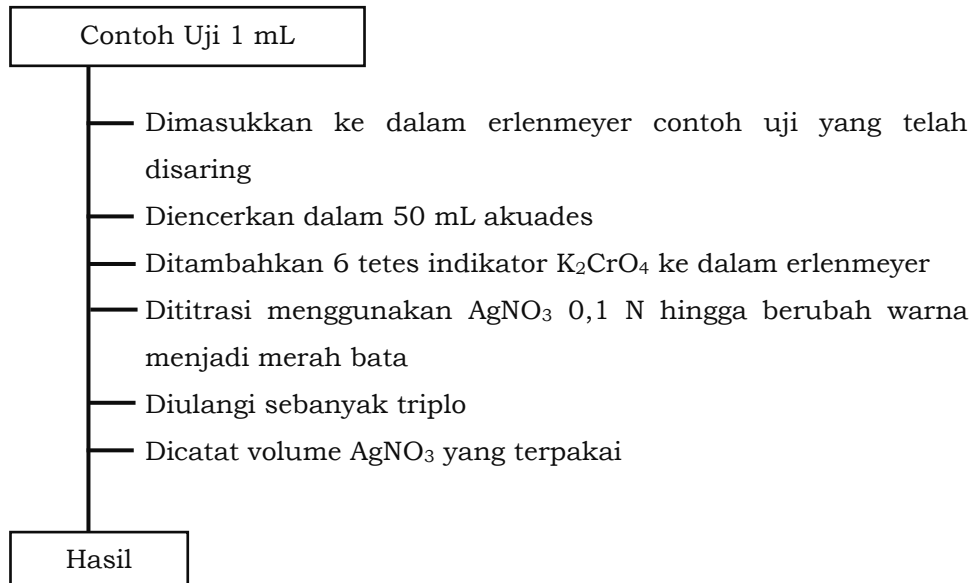


- Analisis *Relative plugging index* (RPI)

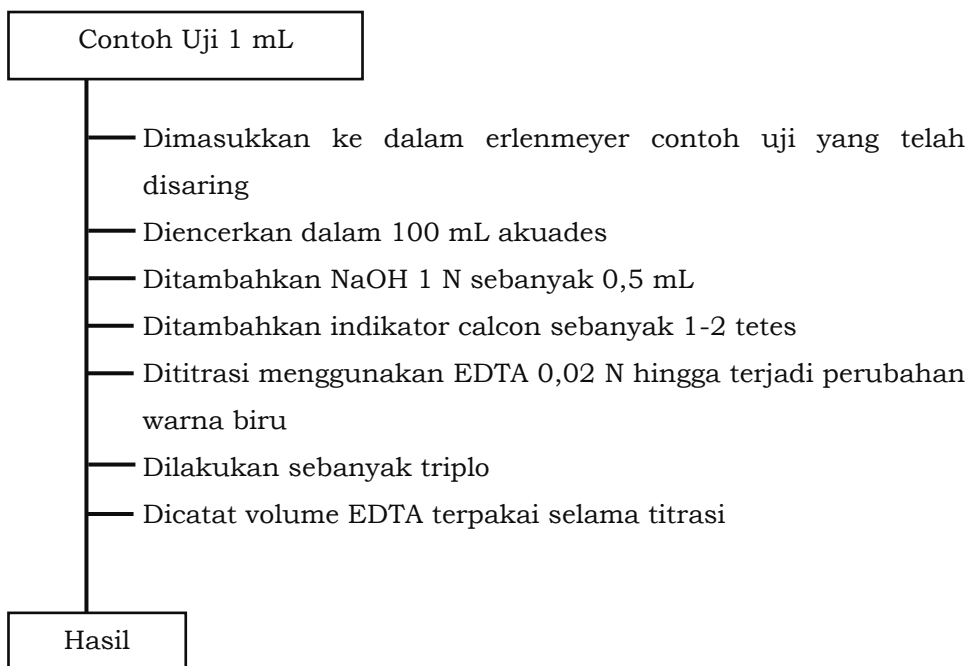


Analisis CO_2 - Analisis CO_3^{2-} - Analisis HCO_3^- 

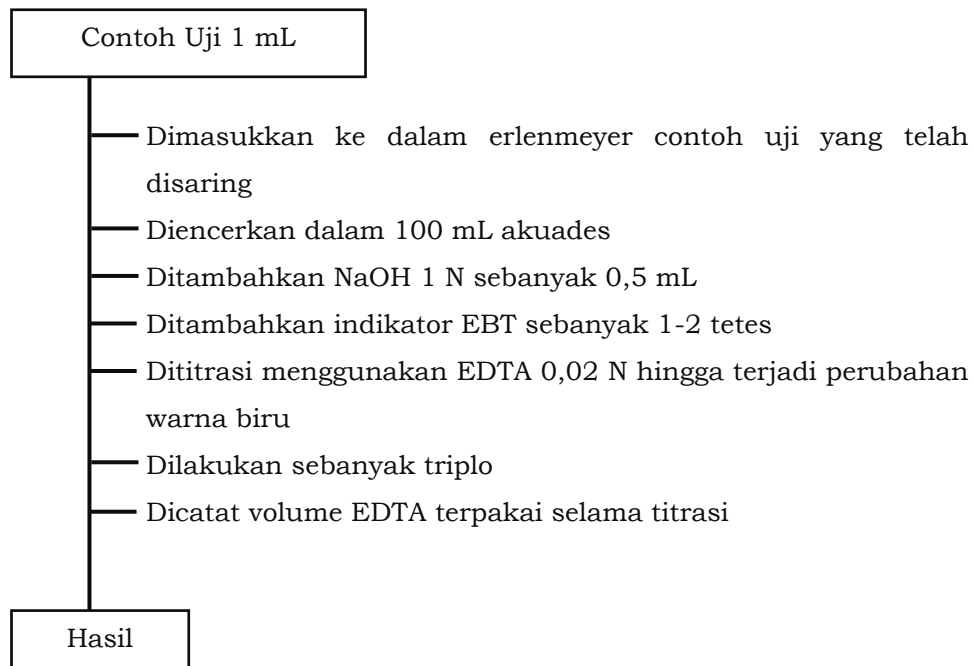
- Analisis Cl^-



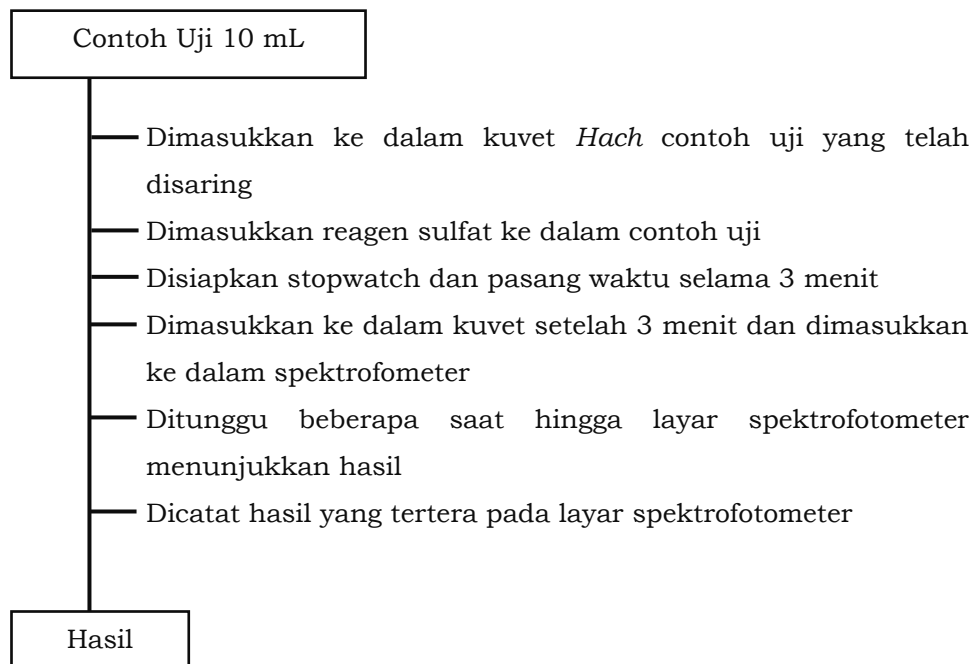
- Analisis Ca



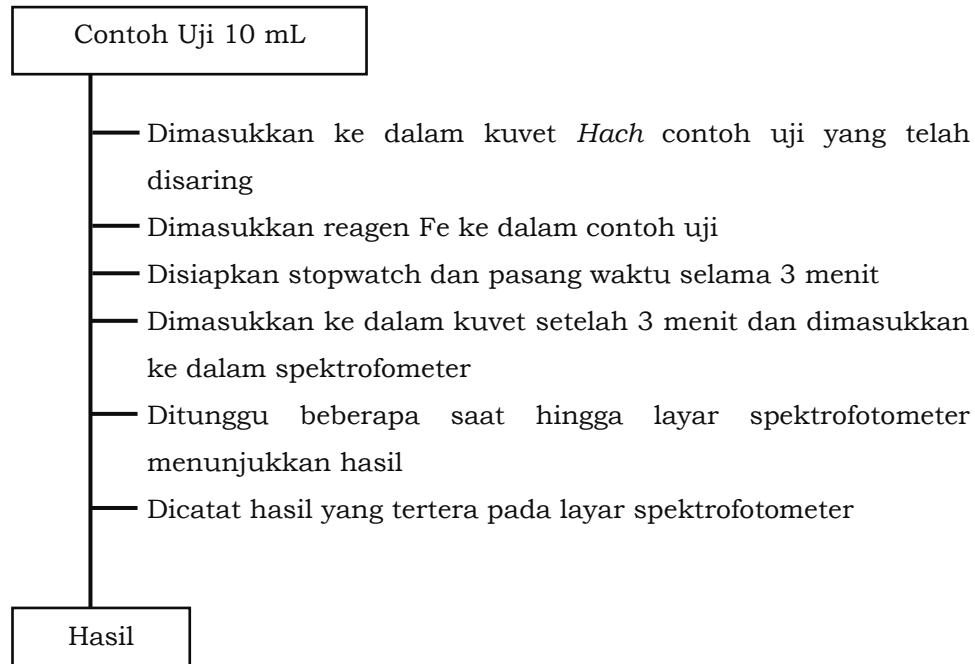
- Analisis Ca^{2+} & Mg^{2+}



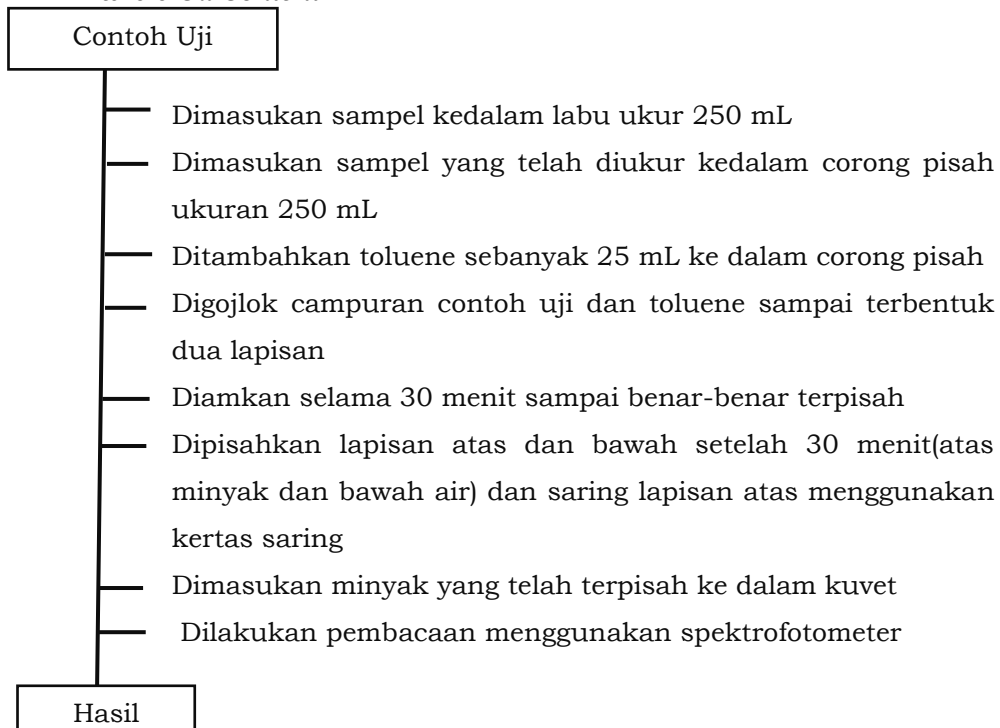
- Analisis SO_4^{2+}



- Analisis Fe^{2+}



- Analisis *Oil Content*



Lampiran 2. Perhitungan

- Hasil Perhitungan Titrasi

No	Parameters	Volume terpakai (mL)			Rata-rata (mL)
		V ₁	V ₂	V ₃	
1	Cl ⁻	1,9	2	1,9	5,8
2	CO ₃ ²⁻	0,3	0,15	0,15	0,6
3	HCO ₃ ⁻	3,2	3,2	3,2	9,6
4	Ca ²⁺ & Mg ²⁺	0,5	0,45	0,5	1,46
5	Ca ²⁺	0,2	0,2	0,2	0,6

- Hasil TDS dan TSS

- **TDS (Total Dissolved Solid)**

$$\text{TDS} = \frac{\text{berat gelas akhir} - \text{berat gelas awal}}{10} \times 1.000.000 = \dots \text{ppm}$$

$$\text{TDS} = \frac{20,2865 - 20,2063}{10} \times 1.000.000$$

$$\text{TDS} = \frac{0,0802}{10} \times 1.000.000 = 8020 \text{ ppm}$$

- **TSS (Total Suspended Solid)**

$$\text{TSS} = \frac{\text{berat kertas saring akhir} - \text{berat kertas saring awal}}{10} \times 1.000.000 = \dots \text{ppm}$$

$$\text{TSS} = \frac{1,4714 - 1,3728}{10} \times 1.000.000$$

$$\text{TSS} = \frac{0,0986}{10} \times 1.000.000 = 9860 \text{ ppm}$$

Lampiran 3. Dokumentasi Analisis Parameter Fisika dan Kimia

Parameter Fisika

1. Specific Gravity



Sampel Air Injeksi



Pengukuran menggunakan hidrometer



Pengukuran menggunakan termometer

2. Turbiditi



Alat Turbidimeter

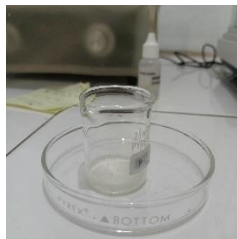


Pengukuran Turbiditi

3. TDS & TSS



Hasil Analisis TSS



Hasil Analisis TDS

4. RPI



Sampel Air Injeksi



Alat RPI



Hasil analisis RPI

Parameter Kimia

1. Karbonat



Alat titrasi

Hasil analisis karbonat (CO_3^{2-})

2. Bikarbonat



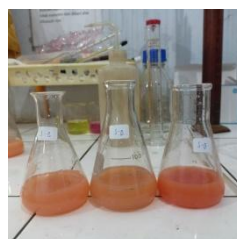
Alat titrasi

Hasil analisis bikarbonat (HCO_3^-)

3. Klorida



Alat titrasi

Hasil analisis klorida (Cl^-)

4. Kalsium & Magnesium



Alat titrasi

Hasil analisis kalsium & magnesium (Ca^{2+} & Mg^{2+})

5. Sulfat



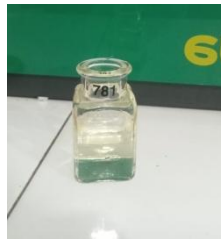
Spektrofotometer

Hasil analisis
sulfat (SO_4^{2-})

6. Besi



Spektrofotometer

Hasil analisis
sulfat (Fe^{3-})

7. Oil Content

Pemisahan minyak
dengan air

Spektrofotometer



Hasil analisis