

**ANALISIS KERUSAKAN FORMASI DAN PERFORMA SUMUR INJEKSI
PADA KEGIATAN WATERFLOODING MENGGUNAKAN METODE
HALL PLOT**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

**Oleh
DARA AYU PUSPITASARI
NPM 163210284**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2022**

**ANALISIS KERUSAKAN FORMASI DAN PERFORMA SUMUR INJEKSI
PADA KEGIATAN WATERFLOODING MENGGUNAKAN METODE
HALL PLOT**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh
DARA AYU PUSPITASARI
NPM 163210284



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

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Dara Ayu Puspitasari
NPM : 163210284
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Tugas Akhir : Analisis Kerusakan Formasi Dan Performa
Sumur Injeksi Pada Kegiatan *Waterflooding*
Menggunakan Metode Hall Plot

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Novrianti, S.T., M.T (.....)
Penguji : Fitrianti, S.T., M.T (.....)
Penguji : Idham Khalid, S.T., M.T (.....)
Ditetapkan di : Pekanbaru
Tanggal : Februari 2022

Disahkan Oleh

KETUA PROGRAM STUDI

TEKNIK PERMINYAKAN



Novia Rita, S.T., M.T

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dara Ayu Puspitasari
NPM 163210284
Program Studi : Teknik Perminyakan
Universitas : Universitas Islam Riau

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul:

ANALISIS KERUSAKAN FORMASI DAN PERFORMA SUMUR INJEKSI PADA KEGIATAN WATERFLOODING MENGGUNAKAN METODE HALL PLOT

merupakan hasil karya saya sendiri , tidak terdapat karya atau pendapat atau diterbitkan oleh orang lain kecuali hanya untuk acuan atau kutipan sebagai tuntunan tata cara penulisan karya ilmiah yang telah lazim. Tanda tangan yang tertera dalam halaman pengesahan adalah asli. Jika tidak asli, saya siap menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Pekanbaru, 25 November 2021

Penulis,



Dara Ayu Puspitasari

NPM. 163210284

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kepada Allah Subhana wa Ta'ala atas limpahan rahmad dan hidayah dari-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “**Analisis Kerusakan Formasi Dan Performa Sumur Injeksi Pada Kegiatan Waterflooding Menggunakan Metode Hall Plot**”. Penyusunan tugas akhir ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa adanya pihak yang telah membantu, membimbing dan mendorong untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Maka pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng, Muslim selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau
2. Ibu Novrianti, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan masukan dan arahan dalam penyusunan tugas akhir ini
3. Ibu Novia Rita, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, semangat selama menjadi perkuliahan di Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau.
4. Ketua dan sekretaris prodi serta dosen-dosen yang sangat membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
5. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasehat, serta kesabaran yang luar biasa dalam setiap langkah hidup penulis.
6. Mas Santoso Budi Utomo, S.T., M.T. selaku pembimbing di PT. Pertamina Hulu Rokan yang sangat sabar membantu, menyediakan waktu, dan memberikan arahan.
7. Teman-teman seperjuangan selama perkuliahan yaitu Putri Nilam Sari, Angelina Hutabalian, Laila Putri, M. Yudatama, Adam Mubarak, Bakti Armansyah, Arie Minanda.

8. Teman-teman yang selalu mendengarkan curhatku yaitu Sinthya Aprianti, Sallyna Putri, Nabila Khairunisa, Cut Fatimah, Nisa Ulkhairuni.
9. Teman-teman angkatan 2016 terutama teman-teman petrolec yang sudah berjuang dari awal perkuliahan sampai sekarang.
10. Rizky Fauzy selaku orang yang selalu ada dalam memberikan semangat motivasi dan juga sebagai tempat berkeluh kesah penulis.

Teriring doa saya, semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 25 November 2021



Penulis

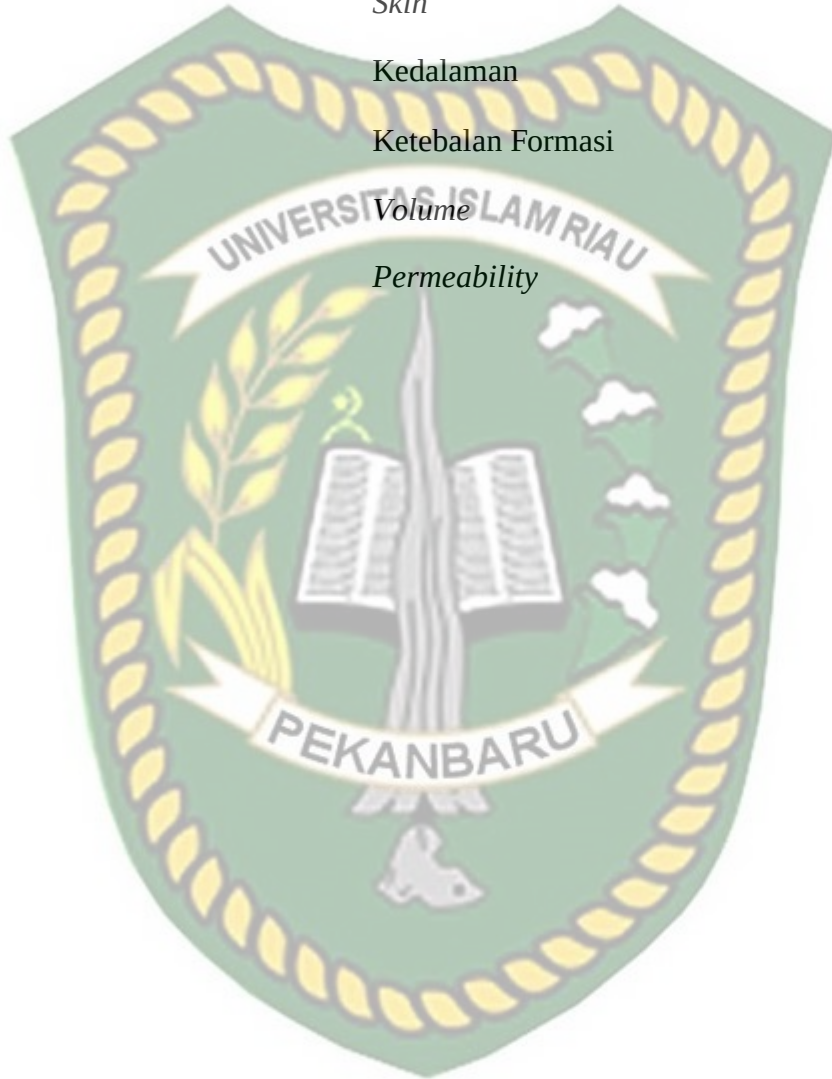
DAFTAR SINGKATAN



WOR	<i>Water Oil Ratio</i>
SOP	<i>Standard Operating Procedure</i>
BHP	<i>Buttonhole Pressure</i>
PWH	<i>Pressure Wellhead</i>
SFL	<i>Static Fluid Level</i>
DFL	<i>Dynamic Fluid Level</i>
TM1	<i>Transmibility Undamaged</i>
TMA	<i>Transmibility Damage</i>
PHR	<i>Pertamina Hulu Rokan</i>
CPI	<i>Chevron Pacific Indonesia</i>
II	<i>Injectivity index</i>
RE	<i>Drainage Radius</i>
RW	<i>Wellbore Radius</i>
BW	<i>Water Formation Volume Factor</i>
BO	<i>Oil Formation Volume Factor</i>
PWF	<i>Pressure Well Flow</i>
QW	<i>Water Flow Rate</i>
KKKS	<i>Kontraktor Kontrak Kerjasama</i>

DAFTAR SIMBOL

R	<i>Radius</i>
M	<i>Slope</i>
S	<i>Skin</i>
D	Kedalaman
H	Ketebalan Formasi
V	<i>Volume</i>
K	<i>Permeability</i>



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I. Data *Waterflooding* Sumur DA#01

LAMPIRAN II. Data Analisis Lebih Lanjut Sumur DA#01

LAMPIRAN III. Data hasil sumur DA#01



ANALISIS KERUSAKAN FORMASI DAN PERFORMA SUMUR INJEKSI PADA KEGIATAN WATERFLOODING MENGGUNAKAN METODE HALL PLOT

DARA AYU PUSPITASARI

163210284

ABSTRAK

Untuk mengetahui performa dan permasalahan pada sumur ini perlu dilakukan analisis karena permasalahan yang terjadi pada sumur injeksi akan berpengaruh terhadap pengerjaan *waterflooding*. Hal ini dikarenakan injeksi air yang terjadi pada sumur tersebut tidak sesuai dengan yang diterapkan karena pada sumur injeksi terjadi penyumbatan di lubang perforasi. Untuk menganalisis dan evaluasi perlu dilakukan *injectivity test* dengan metode Hall Plot dengan membuat garis plot antara kumulatif injeksi air dengan tekanan reservoir yang dikalikan pada waktu tertentu. Berdasarkan analisis *surveillance* dan *monitoring* dimana terjadi penurunan *rate water injection* sedangkan tekanan *wellhead* mengalami peningkatan. Sedangkan berdasarkan hall plot, terjadi peningkatan yang signifikan dari garis lurus, menandakan bahwa sumur injeksi DA#01 mengalami *wellbore plugging*. Analisis lanjutan didapatkan hasil radius injeksi sebesar 349,17 feet. *Slope undamaged* dan *slope damaged* masing-masing sebesar 0,13 dan 0,48. *Transmibility undamaged* dan *transmibility damaged* masing-masing sebesar 277,39 dan 75,69. Skin Hall plot dan Darcy masing-masing sebesar 19,17 dan 11,35 yang menandakan adanya kerusakan formasi. Dan *injectivity index* sebesar 0,60 menandakan sumur perlu dilakukan stimulasi.

Kata Kunci: *Waterflooding*, Sumur Injeksi, Hall Plot

ANALYSIS OF INJECTION WELL FORMATION DAMAGE AND PERFORMANCE IN WATERFLOODING ACTIVITIES USING HALL PLOT METHOD

DARA AYU PUSPITASARI

163210284

ABSTRACT

To find out the performance and problems in this well, it is necessary to do an analysis because the problems that occur in the injection well will affect the waterflooding work. This is because the injection of water that occurs in the well is not in accordance with what is applied because in the injection well there is a blockage in the perforation hole. To analyze and evaluate it is necessary to do an injectivity test using the Hall Plot method by making a plot line between the cumulative water injection and the reservoir pressure multiplied at a certain time. Based on surveillance and monitoring analysis, the water injection rate decreased while the wellhead pressure increased. Meanwhile, based on the hall plot, there was a significant increase from the straight line, indicating that the DA#01 injection well experienced wellbore plugging. Further analysis showed that the injection radius was 349.17 feet. Slope undamaged and slope damaged are 0.13 and 0.48, respectively. Transmibility undamaged and transmibility damaged were 277.39 and 75.69, respectively. The Hall plot and Darcy's skins are 19.17 and 11.35, respectively, indicating formation damage. And the injectivity index of 0.60 indicates the well needs to be stimulated.

Keywords: Waterflooding, Injection Well, Hall Plot

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR SINGKATAN.....	v
DAFTAR SIMBOL	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN.....	2
1.4 BATASAN MASALAH	2
BAB II	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 STATE OF THE ART.....	3
2.2 WATERFLOODING.....	5
2.2.1 Sumur Injeksi Air.....	7
2.2.2 Formation Damage	8
2.3 HALL PLOT	9
BAB III.....	12
METODELOGI PENELITIAN.....	12
3.1 METODOLOGI PENELITIAN	12
3.2 FLOWCHART PENELITIAN	14
3.3 LOKASI PENELITIAN	15

3.4 WAKTU PENELITIAN	16
BAB IV	17
HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 <i>SURVEILLANCE</i> DAN <i>MONITORING</i> SUMUR	17
4.2 ANALISIS HALL PLOT	18
4.3 ANALISIS LEBIH LANJUT	19
BAB V.....	24
KESIMPULAN DAN SARAN	24
5.1 KESIMPULAN	24
5.2 SARAN.....	24
DAFTAR PUSTAKA.....	25



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme <i>Waterflooding</i>	5
Gambar 2.2 Hasil Analisis Hall Plot	10
Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> Penelitian	14
Gambar 3.2 Lokasi Penelitian	15
Gambar 4.1 Performa Sumur Injeksi DA#01	17
Gambar 4.2 Hall Plot Sumur Injeksi DA#01	18



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Sumur DA#01.....	13
Tabel 3.2 Waktu penelitian	16
Tabel 4.1 Data Analisis Lebih Lanjut Sumur DA#01.....	20
Tabel 4.2 Hasil Analisis Lebih Lanjut Sumur DA#01.....	23



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Produksi dari suatu sumur perlu dilakukan optimasi produksi apabila sudah melewati batas *primary recovery*. Injeksi air atau *waterflooding* merupakan *secondary recovery* yang dapat dilakukan. Zona minyak menjadi terget utama pada injeksi *waterflooding*, hal ini bertujuan untuk mendorong minyak di reservoir yang terperangkap sehingga minyak tersebut mampu diproduksi kembali (Hamdi, 2015).

Pada injeksi *waterflooding*, injeksi ini dilakukan dengan menginjeksikan air ke sumur injeksi. Sumur injeksi dapat mengalami *formation damage*. Untuk mengetahui permasalahan yang terjadi, pengujian sumur dapat dianalisis menggunakan *injectivity test*, salah satunya adalah menggunakan metode Hall Plot (Seka et al., 2019).

Metode Hall Plot mempunyai tujuan utama yaitu untuk mengetahui *problem* dan performa injeksi yang terjadi pada sumur injeksi. Jika terjadi *problem* pada sumur injeksi, nilai *formation damage* bisa didapatkan tanpa dilakukannya uji sumur dengan mengevaluasi laju injeksi air dan juga data tekanan dikalikan waktu. Dari Hall Plot tersebut, nilai dari faktor *skin* akan dapat diketahui dan kerusakan formasi dapat ditentukan tanpa memerlukan pengujian sumur, waktu yang panjang dan biaya yang mahal (Merina, 2021).

Setelah analisis Hall Plot didapatkan hasil, maka perlu dilakukan analisis lanjutan dengan melakukan perhitungan berdasarkan kurva Hall Plot dengan menghitung berbagai parameter. Adapun parameter yang dihitung pada analisis lanjutan adalah radius injeksi, *slope*, *transmibility*, *skin*, perubahan tekanan maupun *injectivity index* (Roni Alida, n.d.)

Pada penelitian ini, terjadi penurunan laju alir produksi sehingga mengidentifikasi sepertinya terjadi *formation damage*. Sumur injeksi yang mengalami *formation damage* ditandai dengan adanya *plugging* atau penyumbatan pada sumur tersebut, sehingga kurang mengoptimalkan kinerja dari sumur injeksi terhadap laju alir produksi pada sumur produksi. Salah satu

cara yang dilakukan untuk mengetahui *formation damage* pada sumur injeksi adalah menggunakan metode Hall Plot.

Sumur injeksi DA merupakan sumur injeksi yang mengalami permasalahan atau *formation damage*, yang ditandai dengan adanya penyumbatan yang terjadi dilubang perforasi oleh karena itu perlu dilakukannya analisis *injectivity test* dengan menggunakan metode Hall Plot untuk mengetahui permasalahan pada sumur tersebut. Dari analisis kurva Hall Plot tersebut, dapat ditentukan parameter-parameter seperti radius injeksi, *slope*, *transmibility*, *skin*, perubahan tekanan maupun *injectivity index*. Hasil perhitungan dapat digunakan sebagai acuan untuk mengetahui performa dan permasalahan yang terjadi sehingga dapat ditentukan metode yang tepat dalam mengatasi permasalahan tersebut.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian tersebut adalah:

1. Menganalisis data *surveillance* dan *monitoring* pada sumur injeksi berdasarkan performa injeksi.
2. Menentukan nilai radius injeksi, faktor *skin*, dan *injectivity indeks* dari sumur injeksi berdasarkan grafik hall plot.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat dari penelitian ini dilakukan untuk:

1. Untuk pengkayaan materi mata kuliah *problematika* produksi
2. Dapat dijadikan karya ilmiah yang dapat dipublikasikan di skala nasional
3. Dengan penelitian ini perusahaan dapat menentukan kandidat sumur yang akan distimulasi

1.4 BATASAN MASALAH

Untuk menghindari pembahasan diluar dari topik yang akan dikaji, maka batasan masalah mengenai analisis kerusakan formasi dan performa sumur injeksi DA#01 yang dilakukan hanya menggunakan metode Hall Plot.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam Al Quran surah Al-Jasiyah ayat 29 memiliki arti yaitu “Inilah kitab (catatan) Kami yang menuturkan terhapatmu dengan benar. Sesungguhnya Kami telah menyuruh mencatat apa yang telah kamu kerjakan”. Makna dari ayat tersebut adalah ini merupakan buku catatan para malaikat Kami yang telah menuliskan segala amal perbuatan kalian tanpa tambahan dan pengurangan. Sesungguhnya Kami memerintahkan para malaikat penjaga untuk mencatat segalanya.

2.1 STATE OF THE ART

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Ricks, 2000) telah didirikan dengan memantau sumur injeksi 23 dilapangan McElroy dengan Hall Plot, dan memantau total produksi lapangan dengan grafik laju produksi waktu dan minyak kumulatif vs. plot WOR. Sampai Oktober 1999, analisis kurva penurunan grafik produksi laju produksi waktu lapangan menunjukkan bahwa 36.000 barel minyak tambahan telah ditemukan sebagai hasil dari program gel polimer. Perlu dicatat bahwa minyak tambahan telah dihasilkan dari kombinasi peningkatan tingkat minyak dan penurunan tingkat setelah perawatan gel. Minyak kumulatif lapangan vs. plot WOR menunjukkan bahwa lebih dari 50.000 barel minyak tambahan telah pulih dari proyek gel polimer pada WOR yang lebih rendah. Minyak langsung meningkat dan air menurun pada sumur produksi, hasil ini merupakan penerapan gel polymer sisi injeksi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Ratnaningsih & Danny, 2018a) sumur X-1, X-2, dan X-3 di Lapangan Perkutut sudah beroperasi sejak tahun 2015. Sumur ini merupakan hasil konversi dari sumur produksi sebelumnya. Menunjukkan pemantauan data harian dari injektor X-1, X-2 dan X-3. Berdasarkan plot sekitar Oktober 2015, saat injeksi laju menurun, tekanan kepala sumur tidak sama, penyumbatan yang ditunjukkan terjadi di injektor sumur X-1 dan X-2 sedangkan X-3 terjadi permasalahan rekahan atau fracturing. Berdasarkan analisis Hall plot masih perlu divalidasi dengan data pemantauan harian dengan data pendukung lainnya untuk memastikan masalah

yang terjadi diinjektor. Tindakan pencegahan jika terjadi *plugging* dengan melakukan SOP pembersihan pipa dengan jelas. Sedangkan ketika terjadi *fracturing* adalah tidak mengoperasikan tekanan *wellhead* melebihi *maximal seal fracture* untuk mencegah masalah gelembung.

Menurut penelitian yang dilakukan (Qi et al., 2017) menunjukkan kedua Hall Plot di lapangan di Kuwait dengan injektor vertikal dan horizontal injektor. Perhatikan perubahan kemiringan yang terkait dengan perubahan injeksi. Plotnya sendiri memiliki resolusi terbatas untuk mengidentifikasi zona bermasalah. Dalam kasus ini, untungnya survei profil tersedia. Dalam kasus injektor vertikal, berdasarkan tabel dan survei yang ditunjukkan, dua bagian menerima lebih dari 99% kehilangan cairan dan injeksi benar-benar dipengaruhi oleh lapisan input yang tinggi. Lapisan ini hanya mewakili sekitar 50% dari total interval. Menjadi jelas bahwa setiap tindakan perbaikan harus memiliki akses ke data survei profil. Perubahan injektivitas tetapi gagal memberikan informasi yang lebih detail. Pengamatan serupa dilakukan untuk injektor horizontal, itu survei profil yang menunjukkan kurang dari 23% interval mengambil lebih dari 86% air, yang tidak dapat diidentifikasi hanya dari Hall Plot. Dengan tidak adanya penumpukan tekanan reservoir karena akumulasi cairan di sekitar injektor memerlukan peningkatan tekanan injeksi, turunan dari persamaan dan simulasi Hall Plot baru. Kesimpulan penting yang dicapai adalah kebutuhan mutlak untuk memasukkan survei profil sebelum keputusan dibuat untuk mengatasi kerugian injektivitas berdasarkan Plot Hall saja. Diagnostik Hall Plot kemampuan, bila terkait dengan reservoir bertumpuk, terbatas. Tingkat keandalan yang lebih tinggi dalam diagnostik kehilangan injektivitas dari lapisan tertentu hanya dapat dideteksi ketika survei injeksi dikonsultasikan. Ini akan hindari menggunakan tindakan korektif seperti pengasaman skala besar yang tidak perlu akan memperlakukan semua lapisan.

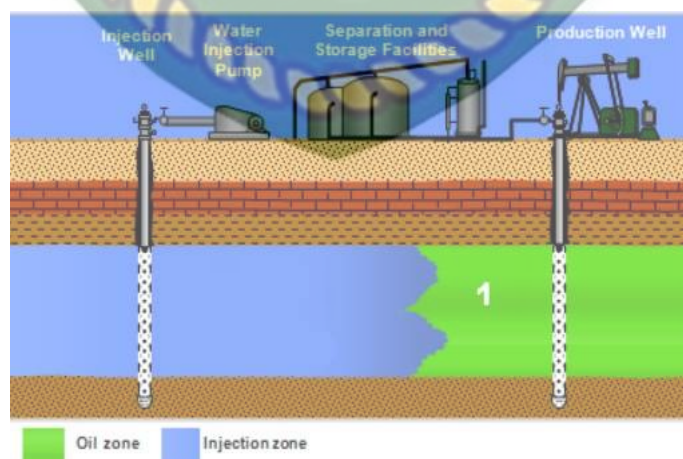
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Wang, 2018), injeksi air yang dilakukan untuk mempertahankan tekanan reservoir dan meningkatkan pemulihan minyak di Changqing *oilfield*. Sumur A merupakan sumur injeksi yang khas di daerah ini. Untuk mengevaluasi kondisi injeksi air dan kinerja sumur maka dilakukan uji penurunan tekanan dilakukan pada Juli 2015 dengan melihat

BHP pada sumur A. Menggunakan Shapir dan model “fracture – SFL & DFL” dapat disimpulkan bahwa injektor air berperilaku seperti ke atas dalam kurva turunan tekanan di akhir waktu. Ini dapat dengan mudah disalahartikan sebagai pengaruh dari batas tertutup jika kinerja injektor air dan efek penutupan fraktur tidak dipahami dengan baik.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Said & Ridaliani, 2018) injeksi dilakukan di Lapangan X pada tahun 2004. Adapun injeksi air ini bertujuan meningkatkan laju produksi dengan cara mendorong minyak terperangkap di dalam reservoir sehingga minyak tersebut mampu diproduksi kembali. Analisis menggunakan metode Buckley Leverett bertujuan untuk mengetahui keadaan dari injeksi. Menginjeksikan air dengan laju alir sebesar 6000 bbl/day, maka produksi minyak terbesar adalah 116 bbl/day, sedangkan produksi sumurnya sebesar 120 bbl/day. Dengan laju injeksi 6000 bbl/day, produksi berlangsung hanya dua tahun, jika lebih dari dua tahun maka perolehan minyak dikatakan tidak ekonomis.

2.2 WATERFLOODING

Waterflooding tetap menjadi metode yang paling penting untuk pemulihan yang lebih baik pada reservoir minyak. Meskipun proses pemulihan semakin canggih untuk memulihkan cadangan minyak dari mekanisme *primary recovery*, banyak di antaranya memiliki potensi untuk memulihkan lebih banyak minyak daripada *waterflooding*, khususnya reservoir (Amedu & Nwokolo, 2013).



Gambar 2.1 Mekanisme *Waterflooding*

Penurunan laju produksi minyak disebabkan oleh produksi minyak yang dilakukan secara terus menerus yang mengakibatkan tekanan reservoir mengalami penurunan. Namun, sisa cadangan minyak perlu dilakukan tindakan yang tepat (Yohana et al., 2020). Optimasi produksi perlu dilakukan apabila lapangan sudah melewati batas tahap produksi awal karena akan berpengaruh terhadap performa sumur kedepannya (Nugroho et al., 2020). Salah satu caranya adalah dengan injeksi air (*waterflooding*). Injeksi air merupakan suatu metode injeksi dengan menginjeksikan air ke reservoir. Injeksi tersebut mengakibatkan pori-pori batuan reservoir dipenuhi oleh kolom air dan mampu mendorong minyak sehingga produksi pada sumur tersebut mengalami peningkatan produksi dan tekanan reservoirnya dapat juga dipertahankan (Andalucia, Selfira, Fachri, 2016).

Waterflooding yang dilakukan bertujuan untuk meningkatkan tekanan reservoir. Target dari injeksi *waterflooding* adalah zona minyak dengan tujuan mendorong minyak terperangkap pada reservoir sehingga bisa diproduksi kembali. Selain itu dapat digunakan untuk *pressure maintenance* dengan target hanya pada zona airnya (Hamdi, 2015).

Aplikasi dari injeksi air memiliki beberapa faktor yang harus diperhatikan seperti penentuan sumur injeksi, pola injeksi, *rate* injeksi yang tidak tepat dan parameter-parameter lainnya yang menjadi masalah seperti naiknya *water cut*, tekanan kepala sumur (Pwh) injeksi yang terlalu tinggi, *rate surface* pompa injeksi terlalu kecil, kepasiran, dan lain sebagainya yang berakibat pada *recovery* minyak yang berkurang, naiknya produksi air, masalah lingkungan dan masalah lainnya yang menimbulkan tingginya biaya (Rita et al., n.d.).

Sebelum dilaksanakan kegiatan *waterflooding*, peramalan laju injeksi air ke reservoir melalui sumur injeksi perlu dilakukan untuk meningkatkan *sweep efficiency* pada kolom minyak. Selain itu *monitoring* kinerja *waterflooding* perlu dilakukan (Andalucia, Selfira, Fachri, 2016).

Dalam *waterflooding*, penting untuk menjaga kualitas injeksi air untuk mencegah masalah yang mungkin terjadi pada operasi *waterflooding*. Hampir semua masalah yang terkait dengan gangguan injeksi pada akhirnya dapat dikaitkan kembali dengan masalah yang berhubungan dengan kualitas air (Lefebvre et al., 2012). Idealnya, air injeksi harus masuk ke reservoir bebas dari

padatan tersuspensi atau minyak. Itu juga harus kompatibel dengan batuan reservoir dan cairan dan akan steril dan *non-scaling*. Tujuan dari setiap injeksi air adalah untuk menyuntikkan air ke dalam batuan reservoir tanpa menyebabkan masalah, seperti penyumbatan, pengurangan permeabilitas dari partikulat, minyak terdispersi, kerak pembentukan, pertumbuhan bakteri, atau *clay swelling*. Sistem pemantauan air yang baik diperlukan untuk memelihara kualitas air sehingga dapat bermanfaat untuk deteksi dini masalah kualitas air sehingga pencegahannya dapat disiapkan lebih awal (Ratnaningsih & Danny, 2018a).

2.2.1 Sumur Injeksi Air

Sumur injeksi digunakan untuk menempatkan fluida ke dalam formasi berpori, baik pada batu pasir atau batu gamping yang dalam hingga lapisan yang dangkal. Cairan yang diinjeksikan dapat berupa air, air limbah, *brine* (air asin) maupun air yang dicampurkan dengan bahan-bahan kimia. Injeksi ini terbukti menjadi pilihan karena aman dan murah untuk pembuangan produk samping industri yang tidak diinginkan dan berbahaya.

Air terproduksi adalah air yang ikut terangkat bersamaan dengan kandungan fluida pada suatu sumur. Air yang ikut terangkat perlu dilakukan *water treatment*, sebelum injeksi air dilakukan pada sumur injeksi terlebih dahulu perlu dilakukan uji sampel (Yazid et al., 2018).

Injeksi air perlu dilakukan *surveillance* dan *monitoring*, hal ini bertujuan untuk memperoleh gambaran keefektifan injeksi air yang dilakukan. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam *surveillance* dan *monitoring* injeksi air yaitu menganalisis perilaku sumur injeksi, sumur produksi, maupun hubungan antar sumur injeksi dan sumur produksi (Ginting et al., 2021).

Untuk memilih letak sumur injeksi dan *monitoring* sumur tersebut harus dalam satu lapisan, hal ini bertujuan untuk mengetahui proses injeksi yang dilakukan dapat berjalan dengan baik atau tidak (Erfando et al., 2017). Merencanakan injeksi *waterflooding* ini setidaknya membutuhkan dua sumur yaitu sumur injeksi dan sumur *monitoring*, dimana sumur *monitoring* itu adalah sumur produksi yang menjadi sumur sasaran untuk dilakukan suatu injeksi. Selain itu letak dan jaraknya perlu diperhatikan agar injeksi yang dilakukan lebih efisien dan pola injeksi yang digunakan saling berhubungan (Lubis et al., 2014).

Suatu *waterflood* dikatakan berhasil membutuhkan *sweep efficiency* yang maksimal. Oleh karena itu, perlu menerapkan pola penyapuan (*flood pattern*) di reservoir. *Flood pattern* atau penyapuan pada area sumur injeksi maupun sumur produksi harus diterapkan dengan baik. Perbandingan mobilitas menjadi salah satu kunci utama terhadap *sweep efficiency* dan kapasitas injeksi atau produksi (Iqbal et al., 2017).

2.2.2 Formation Damage

Formation damage merupakan proses kerusakan yang terjadi pada formasi yang mengurangi produktivitas suatu lapisan (Wicaksono, 2016). *Formation damage* akibat dari reaksi kimia atau kerusakan fisik batuan merupakan masalah yang sering terjadi. Perubahan injektivitas pada injeksi air yang terletak di formasi *unconsolidated* adalah hasil *sand channelization*. Dalam situasi ini, partikel pasir bermigrasi dari matriks formasi menuju lubang sumur dan akibatnya mempengaruhi permeabilitas formasi dan komponen pelengkap seperti *frac-packs* atau *gravel-packs*. prinsip-prinsip operasional selama *startups* dan shut-in tampaknya membantu dalam mengurangi kerusakan keseluruhan dan aliran pasir ke lubang sumur. prosedur penutupan yang tepat dapat membantu mengurangi intervensi sumur dan meningkatkan ekonomi proyek. Mengurangi kegagalan formasi harus dianggap sebagai prioritas, sekali kerusakan telah disebabkan, pembalikannya mahal dan sulit dicapai untuk sedikitnya (Bautista & Taleghani, 2016).

Faktor penting lain yang harus dipertimbangkan adalah sebagian besar sumur injeksi tidak rekah pada saat dimulainya injeksi. Air injeksi mengandung padatan tersuspensi dan dapat terkandung pada minyak sehingga menyumbat pori-pori batuan di daerah lubang sumur sehingga mengurangi injektivitas dari sumur dan permeabilitas sumur. Pengendapan partikel di daerah lubang sumur memiliki pengaruh penting pada sumur injeksi air dan bisa membentuk rekahan. Oleh karena itu peningkatan *bottom hole* tekanan injeksi diperlukan untuk mempertahankan laju injeksi yang diberikan (Gadde & Sharma, 2001).

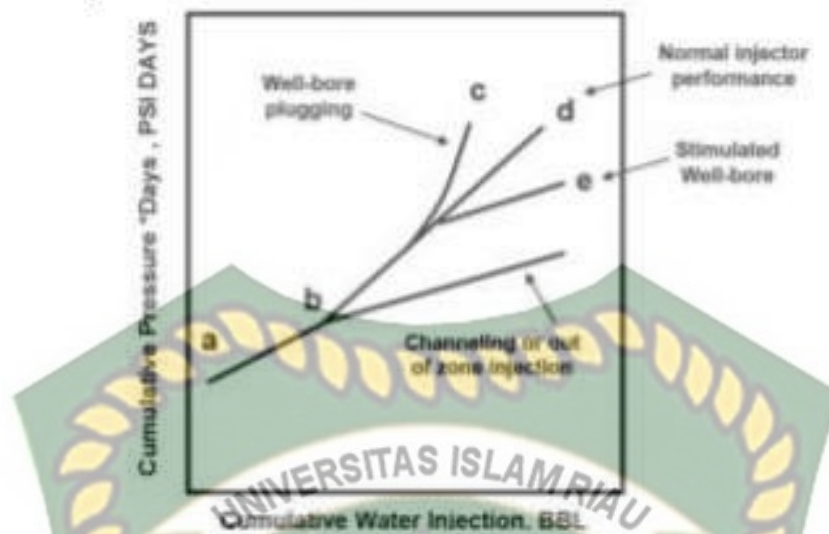
2.3 HALL PLOT

Pengujian sumur yang dilakukan pada *water injection* dapat dianalisis dengan *injectivity test*, yaitu *Fall Off Test* dan Hall Plot. Pada pengaplikasiannya, Hall Plot merupakan metode yang biasa digunakan. Analisis Hall Plot pertama kali diperkenalkan pada tahun 1963 oleh Hall dengan tujuan mengetahui efektif atau tidaknya injeksi air yang dilakukan dan mengetahui masalah dari sumur injeksi air (Merina, 2021). Analisis Hall Plot merupakan metode *steady state*, awalnya dikembangkan untuk menganalisis kinerja sumur injeksi air dalam aplikasi *waterflooding* di lapangan minyak. Hall Plot memungkinkan pemantauan injeksi air dan efisiensi injeksi secara terus menerus dan menyediakan sarana untuk mengidentifikasi variasi dalam beberapa sifat reservoir yang terjadi selama periode uji injeksi (Mihcakan et al., 2005).

Hall Plot merupakan suatu kurva yang digunakan pada sumur injeksi dengan melakukan analisis performanya. Adapun caranya adalah membuat kurva berdasarkan tekanan yang dikalikan dengan waktu dan volume injeksi kumulatif suatu sumur. Untuk kondisi normal, hasil kurva Hall Plot adalah garis lurus yang dimulai dengan sedikit melengkung, hal ini mengindikasikan bahwa sedang terjadi *fill up*. Selain itu dengan Hall Plot, bisa mengetahui efek *damage* atau kerusakan yang terjadi pada sumur injeksi tersebut. Metode Hall Plot juga tidak menghabiskan banyak waktu seperti pengujian sumur, tidak perlu menunda produksi, dan tidak membuang biaya yang besar (Ana Asmina et al., 2016).

Menggunakan Hall Plot, nilai dari *formation damage* dapat diketahui tanpa melakukan uji sumur, dimana uji sumur tersebut memerlukan waktu yang lama dan biaya yang mahal yaitu dengan cara mengevaluasi data laju injeksi dan tekanan pada waktu tertentu sehingga nilai dari *formation damage* dapat diketahui.

Analisis Hall Plot yang dilakukan akan didapatkan hasil seperti indikasi *skin* yang positif, *skin* negatif, dan *water channeling*. Hasil analisis Hall Plot dapat dilihat pada gambar berikut (Ana Asmina et al., 2016)



Gambar 2.2 Hasil Analisis Hall Plot

Metode Hall Plot memiliki kelebihan dan kekurangan dalam analisisnya. Metode Hall Plot memiliki kelebihan seperti (Andalucia, Selfira, Fachri, 2016):

1. Pada proses penggunaan metode Hall Plot tidak memerlukan prosedur yang rumit
2. Pada faktor biaya tidak diperlukan pengeluaran yang signifikan karena data yang diperlukan adalah data umum seperti data komulatif tekanan dan waktu
3. Pada metode ini dapat dilakukan secara berkelanjutan. Jika kondisi suatu sumur injeksi mengalami kerusakan, perubahannya langsung dapat diketahui berdasarkan *slope* dari Hall Plot.
4. Permeabilitas efektif rata-rata sumur injeksi dapat diketahui tanpa melakukan test pada sumur tersebut. Jika permeabilitas efektif rata-rata diketahui maka didapat gambaran kemampuan alir suatu sumur.

Selain kelebihan, metode Hall Plot terdapat juga kekurangan yaitu tidak dapat mengetahui perubahan yang terjadi pada suatu reservoir sumur injeksi untuk lapisan, Hall Plot hanya dapat mengetahui perubahan kondisi reservoir untuk sumur secara keseluruhan.

Tahapan analisis lanjutan perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi-kondisi sumur injeksi terhadap Hall Plot yang digunakan. Adapun tahapan lanjutan yaitu:

- a. Melakukan perhitungan pada radius sumur injeksi dengan dasar karakteristik reservoir serta kedalaman seperti yang ada pada rumus berikut:

$$r = \sqrt{\frac{43560 \times \left(\frac{V}{7758 \times h \times \phi} \right)}{\pi}} \quad (1)$$

- b. Lalu menentukan *gradient* dari Hall Plot, *gradient* Hall Plot merupakan bagian dari parameter reservoir yang mana ketebalan permeabilitas sangat berpengaruh pada persamaan ini. Dari grafik Hall Plot perlu diketahui *slope*. *Slope* didapatkan dengan persamaan:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (2)$$

Kemudian *gradient* garis tersebut berbanding terbalik dengan *transmibility undamaged* (T_{m1}) dan *transmibility damage* (T_{ma}) dengan rumus:

$$T_{m1} = \frac{4.844 B_w \ln\left(\frac{R_e}{R_w}\right)}{m_1} \quad (3)$$

$$T_{ma} = \frac{4.844 B_w \ln\left(\frac{R_e}{R_w}\right)}{m_a} \quad (4)$$

- c. Nilai dari skin dapat dihitung dari proses *screening* pada sumur dan *formation damage* diketahui menggunakan rumus hall plot dan rumus darcy:

$$S_{hall plot} = \frac{(T_{m1} - T_{ma})}{T_{ma}} \ln\left(\frac{R_e}{R_w}\right) \quad (5)$$

- d. Menghitung nilai dari *injectivity index* dengan persamaan berikut:

$$I_i = \frac{Q_w}{\Delta P} \quad (6)$$

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian ini adalah *field research* dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Lapangan Pertamina Hulu Rokan. Metode Hall Plot digunakan pada sumur injeksi untuk mengetahui performa dan kerusakan formasi. Adapun langkah-langkah pada penelitian ini:

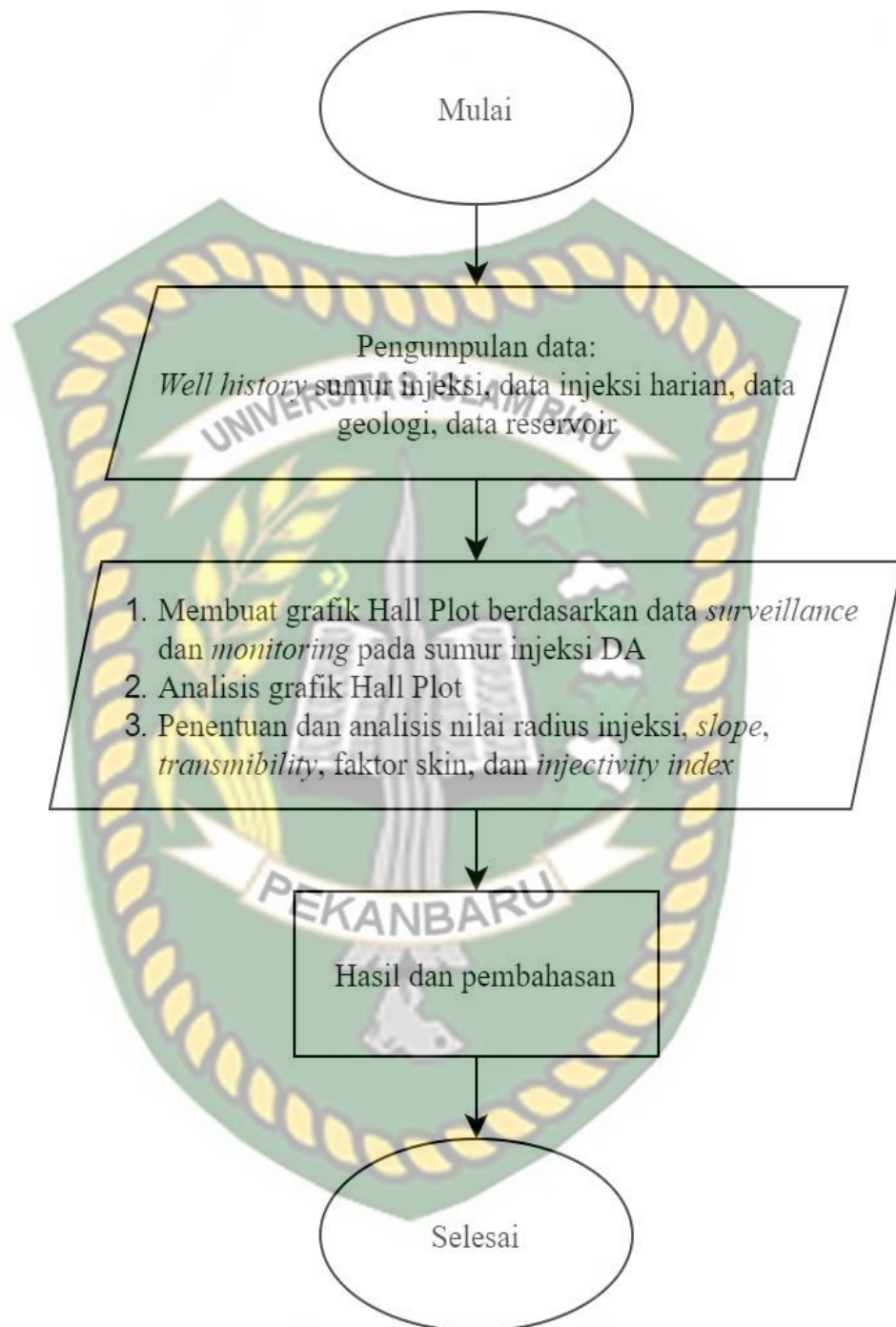
1. Analisis dan mengidentifikasi data geologi, data reservoir, dan data injeksi harian pada sumur DA#01
2. Analisis *surveillance* dan *monitoring* pada sumur injeksi dengan plot kurva performa injeksi air antara tekanan injeksi dengan *rate* injeksi harian. Selain itu kurva Hall Plot dibuat berdasarkan kumulatif tekanan dan kumulatif volume injeksi.
3. Menentukan nilai dari radius injeksi, *slope*, *transmibility*, faktor *skin*, dan *injectivity index* dengan menggunakan persamaan 1 hingga 6.

Sebelum melakukan analisis performa dan kerusakan sumur yang terjadi pada sumur DA#01, terdapat beberapa parameter yang diperlukan untuk mengetahui bagaimana kondisi sumur tersebut. Adapun data-data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data Sumur DA#01

No	Nama	Satuan
1	Kedalaman (D)	Ft
2	Ketebalan formasi (h)	Ft
3	Porositas ($\emptyset$)	fraksi
4	Volume (v)	Acre
5	Viskositas air (μ_w)	cP
6	Faktor volume formasi air (B_w)	Bbl/STB
7	Viskositas minyak (μ_o)	cP
8	Faktor volume formasi minyak (B_o)	Bbl/STB
9	Radius sumur (r_w)	Ft
10	Radius Pengurasan (r_e)	Ft
11	Permeabilitas (K)	mD
12	Tekanan bawah sumur (P_{wf})	Psi
13	Tekanan reaeervoir (SBHP)	Psi
14	Laju injeksi air (Q_w)	BFPD

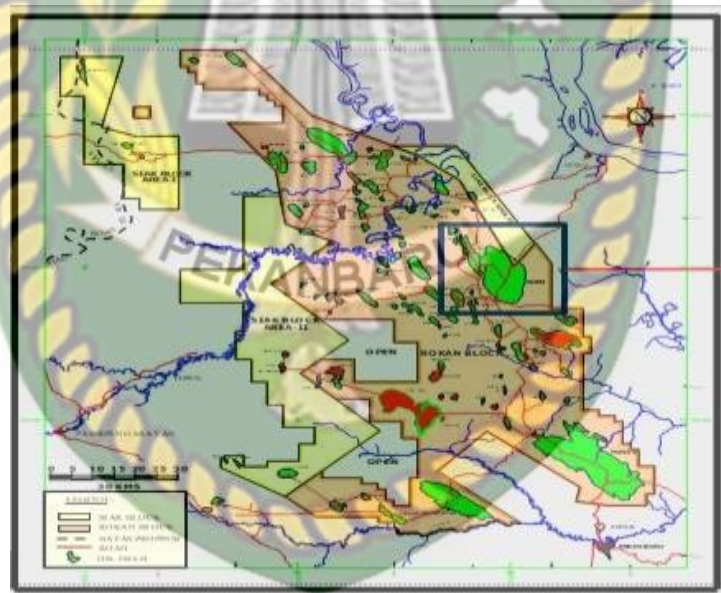
3.2 FLOWCHART PENELITIAN



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

3.3 LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian nantinya akan dilaksanakan di PT. Pertamina Hulu Rokan atau sebelumnya Chevron Pasific Indonesia. Setelah ditemukan pada tahun 1941 dan diproduksi pada tahun 1951, maka mulai mulai 9 Agustus 2021 pukul 00.01 WIB, operasional WK itu beralih dari Kontraktor Kontrak Kerja Sama (KKKS) Chevron Pacific Indonesia (CPI), kepada KKKS Pertamina Hulu Rokan (PHR). Sebelumnya diambil alih oleh Chevron, perusahaan ini bernama Caltex Pacific Company. Saat ini mengelola sekitar 88 lapangan minyak dan gas, dan lebih dari 6400 sumur yang terletak di empat wilayah KKS di provinsi Riau dan Sumatera Utara seluas 12.000 km/segi. Kegiatan operasi PHR dikendalikan di lokasi kantor yaitu Jakarta, Minas, Duri, serta Dumai di Provinsi Riau. Untuk kantor utama (*main office*), Pertamina berkedudukan di Jakarta sebagai pusat administrasi secara keseluruhan.



Gambar 3.2 Lokasi Penelitian

3.4 WAKTU PENELITIAN

Tabel 3.2 Waktu penelitian

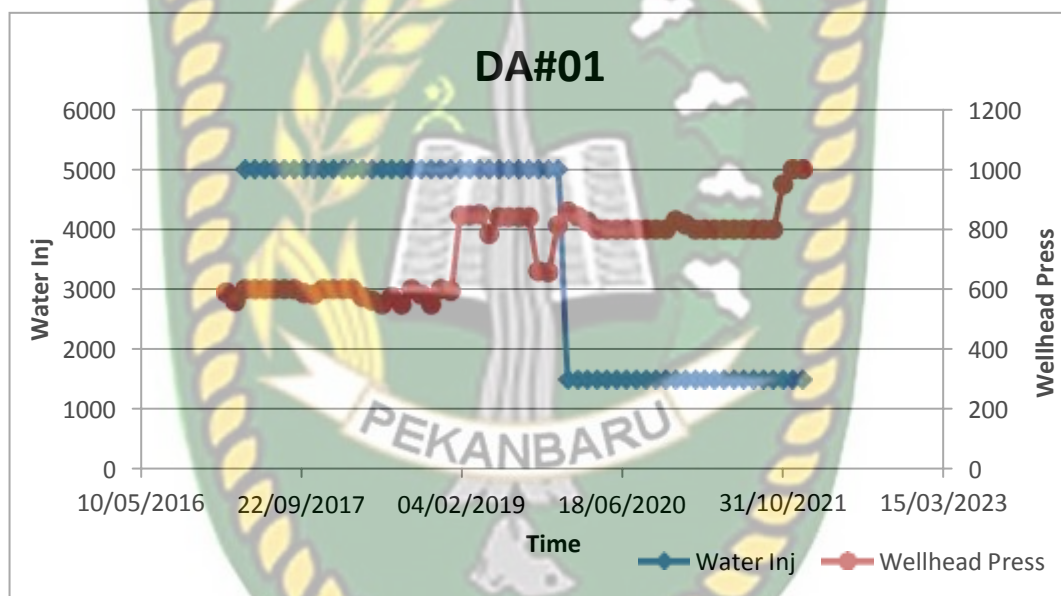
Uraian Kegiatan	2022											
	Januari				Februari				Maret			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Study Literature</i>												
Pengumpulan Data												
Pengolahan Data												
Analisis Data dan Pembahasan												
Presentasi												

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 SURVEILLANCE DAN MONITORING SUMUR

Surveillance dan *monitoring* digunakan untuk mendapatkan gambaran keefektifan injeksi air yang dilakukan dan melihat kelakuan sumur setiap hari. Performa dari sumur injeksi ini dapat dilihat berdasarkan rate injeksi terhadap tekanan yang terbaca di kepala sumur (*wellhead pressure*). Oleh karena itu, perlu dilakukan *surveillance* dan *monitoring* terhadap sumur injeksi DA#01 di lapangan Petapahan untuk mengetahui performanya.



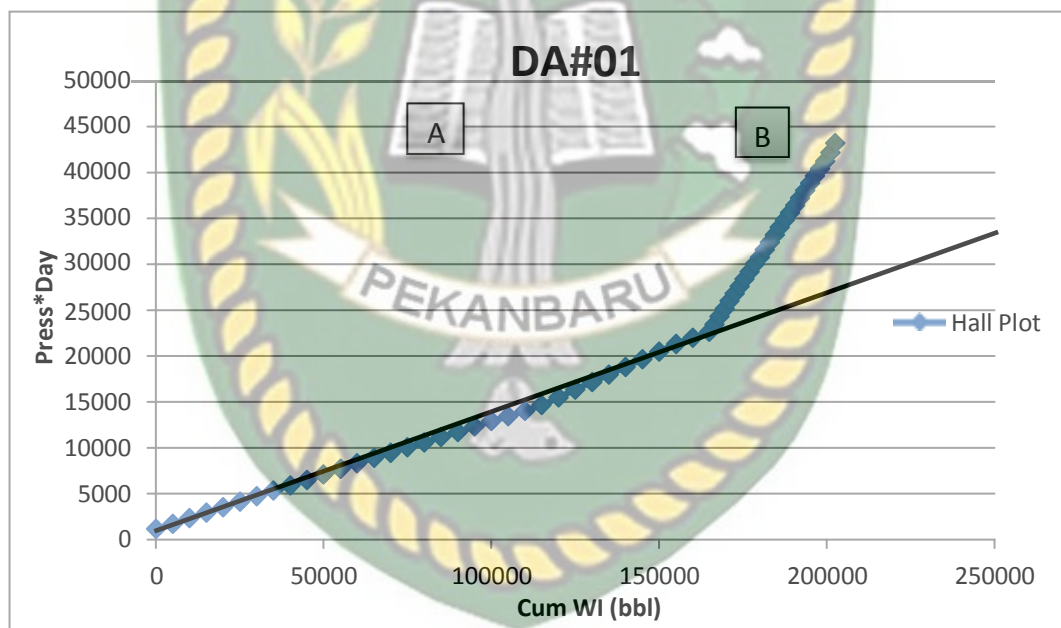
Gambar 4.1 Performa Sumur Injeksi DA#01

Mengenai performa sumur DA#01 yang dapat dilihat pada gambar diatas, pada sumur DA#01 telah dilakukan perbandingan antara water injection rate dan tekanan *wellhead*. Performa sumur injeksi DA#01 mulai di lakukan analisis pada Desember 2016 hingga Desember 2021. Sumur injeksi DA#01 telah beroperasi dengan rate injeksi 5000 BWPD dari Desember 2016 hingga Oktober 2019. Lalu rate injeksi selanjunya mengalami penurunan menjadi 1500 BWPD pada November 2019 hingga Desember 2021. Sedangkan WHP mengalami peningkatan, yang mana pada Desember 2016 WHP sebesar 590 Psi menjadi 1000 Psi pada 2021.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada gambar tersebut dapat dilihat perbandingan antara *rate water injection* dan tekanan terjadi ketidakstabilan. Pada gambar 4.1 terlihat pemantauan harian dari sumur injeksi DA#01. Dari gambar tersebut menunjukkan sejak desember 2019, dimana terjadi penurunan *rate water injection* sedangkan tekanan *wellhead* mengalami peningkatan. (Ratnaningsih & Danny, 2018).

4.2 ANALISIS HALL PLOT

Analisis Hall Plot dilakukan untuk mengetahui efektif atau tidaknya injeksi air yang dilakukan dan mengetahui masalah dari sumur injeksi air dengan cara memplot berdasarkan tekanan yang dikalikan dengan waktu dan volume injeksi kumulatif suatu sumur. Untuk mengetahui hasil Hall Plot yang dilakukan terhadap sumur injeksi DA#01 dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.2 Hall Plot Sumur Injeksi DA#01

Dari gambar diatas, merupakan kurva hall plot dari sumur injeksi DA#01. Berdasarkan hasil dari analisis yang dilakukan dapat dilihat bahwa pada kurva yang berlabel A garis yang terbentuk menunjukkan trend linier sehingga dapat disimpulkan cenderung lebih stabil. Sedangkan pada kurva Hall Plot yang berlabel B terlihat mengalami kenaikan yang signifikan. Hal ini mengindikasikan

bahwa pada sumur injeksi DA#01 mengalami kerusakan formasi yang disebabkan oleh *plugging* seperti yang terlihat pada gambar 2.2 tentang analisis Hall Plot.

4.3 ANALISIS KERUSAKAN FORMASI SUMUR DA#01

Sumur DA#01 untuk pertama kalinya berfungsi sebagai sumur produksi, lalu dialih fungsikan sebagai sumur injeksi. Sumur DA#01 sempat dilakukan penutupan akibat tekanan rendah sehingga produksi tidak ekonomis, setelah itu kembali dioperasikan selama 5 tahun. Penutupan sumur mengakibatkan berkurangnya kinerja dari sumur injeksi. Dilihat sejak injeksi awal pada Desember 2016 sampai Oktober 2019 kondisi sumur injeksi DA#01 dalam keadaan yang normal. Namun pada Desember 2019 terjadi perubahan tekanan wellhead mengalami peningkatan dan water injection mengalami penurunan. Maka dari itu perlu dilakukan analisis menggunakan Hall Plot sebagai evaluasi untuk mengetahui adanya permasalahan yang terjadi pada sumur DA#01. Dari grafik Hall Plot terlihat jelas pada Desember 2019 mengalami peningkatan grafik dari sebelumnya yang cenderung normal. Oleh karena itu, berdasarkan grafik Hall Plot dapat di ketahui permasalahan yang terjadi yaitu *wellbore plugging*. Untuk memastikan kerusakan formasi yang terjadi pada sumur tersebut, maka dilakukan analisis lanjutan sehingga bisa mengetahui kerusakan formasi dengan mengetahui nilai kerusakan (skin). Maka dari itu, dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai skin faktor untuk mengetahui seberapa serius efek dari kerusakan sumur (Andalucia, Selfira, Fachri, 2016).

4.4 ANALISIS LEBIH LANJUT

Analisis lebih lanjut sangat penting untuk dilakukan, hal ini karena untuk mengetahui seberapa besar efek dari skin pada formasi tersebut dan penyebab terjadinya kerusakan formasi, sehingga kita dapat menentukan layak atau tidaknya dilakukan stimulasi. Berikut parameter-parameter yang diperlukan untuk menghitung analisis lebih lanjut pada sumur DA#01.

Tabel 4.1 Data Analisis Lebih Lanjut Sumur DA#01

Parameter	Nilai	Satuan
Ketebalan Formasi (h)	16.5	ft
Faktor volume formasi air (Bw)	1.05	Rb/STB
viskositas (μ_w)	1	cP
rate injeksi (q_i)	300	BWPD
porositas (ϕ)	0.18	Fraksi
perbedaan tekanan (Δp)	500	Psi
radius sumur (r_w)	0.2621	ft
permeabilitas (k)	100	mD

Dari parameter-parameter tersebut maka dapat diketahui berbagai macam hasil, yaitu sebagai berikut:

1. Radius Injeksi

Radius injeksi dihitung untuk mengetahui sudah sejauh mana air tersebut sudah diinjeksikan. Selain itu radius injeksi juga digunakan pada saat perhitungan skin (Aries Seka et al., 2019)

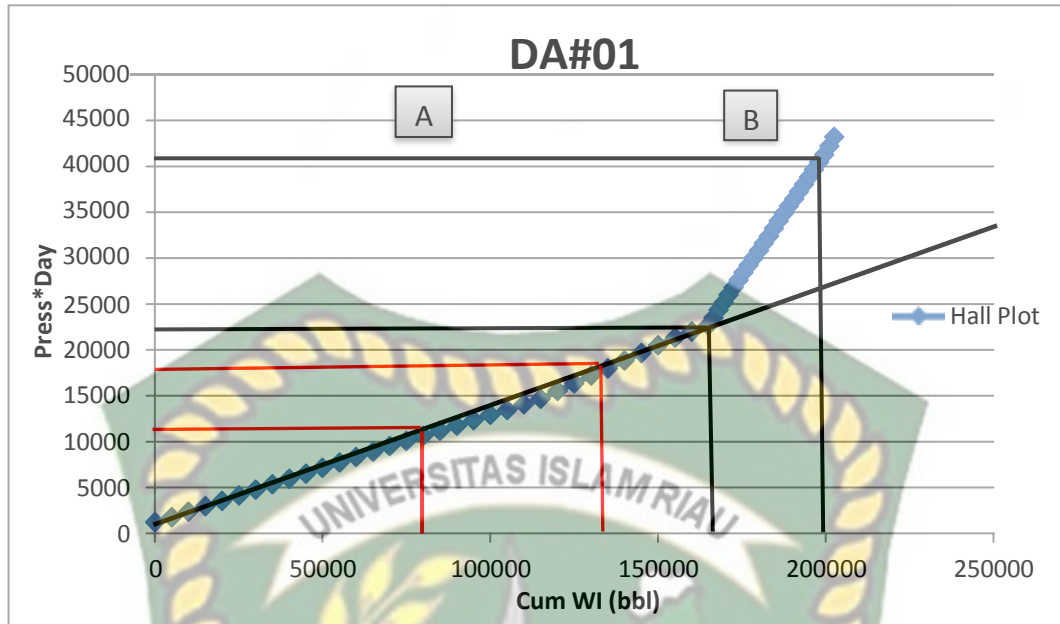
$$r = \sqrt{\frac{43560 \times \frac{V}{7758 \times h \times \phi}}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{43560 \times \left(\frac{202500}{7758 \times 16.5 \times 0.18} \right) \times \frac{1}{3.14}}$$

$$r = 349.17 \text{ ft}$$

2. Menentukan *slope* dan *transmibility*

Dalam menentukan nilai *slope* dan *transmibility*, nilai ini didapatkan dari 2 trend terakhir dan diambil berdasarkan garis lurus pada grafik Hall Plot. *Slope* didapatkan nilai *slope* pada zona *undamaged* (m1) dan *slope* pada zona *damaged* (ma). Sedangkan *transmibility* didapatkan nilai *transmibility undamaged* (Tm1) dan *transmibility damage* (Tma). Maka didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 4.1 Slope Hall Plot Sumur DA#01

a) Slope

$$m1 = \frac{y_2 - y_1}{X_2 - X_1}$$

$$m1 = \frac{17191.83 - 10595.83}{130000 - 80000}$$

$$m1 = 0.13$$

$$ma = \frac{y_2 - y_1}{X_2 - X_1}$$

$$ma = \frac{39642.33 - 21996.83}{196500 - 160000}$$

$$ma = 0.48$$

b) Transmibility

$$Tm1 = \frac{4.844 Bw \ln \left(\frac{Re}{Rw} \right)}{m1}$$

$$Tm1 = \frac{4.844 \times 1.05 \times \ln \left(\frac{349.17}{0.2621} \right)}{0.13}$$

$$Tm1 = 277.39$$

$$T_{ma} = \frac{.844 B_w \ln \left(\frac{R_e}{R_w} \right)}{ma}$$

$$T_{ma} = \frac{4.844 \times 1.05 \times \ln \left(\frac{349.17}{0.2621} \right)}{0.48}$$

$$T_{ma} = 75.69$$

3. Faktor Skin

Peristiwa yang sering terjadi dalam operasi produksi sumur minyak dan gas bumi adalah hambatan aliran yang menyebabkan kerusakan formasi di sekitar lubang bor. Skin yang positif menandakan adanya kerusakan formasi, skin sama dengan nol menandakan bahwa formasi sumur dalam keadaan normal, sedangkan skin yang negatif menandakan formasi sumur tersebut telah dilakukan perbaikan formasi (Silalahi et al., n.d.). Oleh karena itu, untuk mengetahui nilai kerusakan formasi menggunakan persamaan 5 tentang skin Hall Plot berikut:

$$S = \frac{(T_{m1} - T_{ma}) \ln \left(\frac{R_e}{R_w} \right)}{T_{ma}}$$

$$S = \frac{(277.39 - 75.69)}{75.69} \ln \left(\frac{349.17}{0.2621} \right)$$

$$S = 19.17$$

Berdasarkan perhitungan menggunakan skin Hall plot didapatkan hasil sebesar 19,17. Maka dapat diketahui bahwa pada sumur injeksi DA#01 telah terjadi kerusakan formasi di sekitar lubang sumur (Seka et al., 2019).

4. Injectivity index

$$I_i = \frac{Q_w}{\Delta P}$$

$$I_i = \frac{300}{500}$$

$$I_i = 0.60$$

Pada sumur injeksi DA#01 dilakukan perhitungan *injectivity index* menggunakan persamaan 6. Hasil perhitungan *injectivity index* sumur tersebut adalah 0,6 dan sumur dinyatakan kurang bagus karena nilai *injectivity index* dibawah 1,5. Berdasarkan hasil tersebut maka sumur ini layak direkomendasikan di stimulasi.

Untuk lebih jelas mengenai hasil analisis lanjutan dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.2 Hasil Analisis Lebih Lanjut Sumur DA#01

No	Nama	Hasil
1	Radius Injeksi	349,17
2	<i>Slope undamaged</i>	0,13
3	<i>Slope damaged</i>	0,48
4	<i>Transmibility undamaged</i>	277,39
5	<i>Transmibility damaged</i>	75,69
6	Skin Hall Plot	19,17
7	<i>Injectivity Index</i>	0,6

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Setelah penelitian tentang analisis kerusakan formasi dan performasi sumur injeksi yang dilakukan pada sumur DA#01, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan *surveillance* dan *monitoring* yang dilakukan sejak desember 2019, dimana terjadi penurunan rate water injection sedangkan tekanan *wellhead* mengalami peningkatan. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadinya penyumbatan pada sumur injeksi DA#01. Sedangkan berdasarkan hall plot, terjadi peningkatan yang signifikan dari garis lurus, menandakan bahwa sumur injeksi DA#01 mengalami *wellbore plugging*.
2. Berdasarkan analisis lanjutan didapatkan hasil untuk radius injeksi sebesar 349,17 feet menandakan sejauh mana air sudah diinjeksikan. *Slope undamaged* dan *slope damaged* masing-masing sebesar 0,13 dan 0,48. *Transmibility undamaged* dan *transmibility damaged* masing-masing sebesar 277,39 dan 75,69. Skin Hall plot didapatkan hasil sebesar 11,35 yang menandakan adanya kerusakan formasi. Dan *injectivity index* sebesar 0,60 menandakan sumur perlu dilakukan stimulasi.

5.2 SARAN

Pada penelitian ini dilakukan analisis kerusakan formasi dan performa sumur injeksi menggunakan metode Hall Plot. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan melakukan analisis dengan menggunakan metode lain seperti *Fall Off Test*, Buckley-Leverett maupun metode lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amedu, J., & Nwokolo, C. (2013). *SPE 167602 Improved Well and Reservoir Production Performance in Waterflood Reservoirs-Revolutionalizing the Hall Plot*. 1–10.
- Analisa Kerusakan Formasi Pada Sumur Injeksi Dengan Menggunakan Metode Hall Plot Di Lapangan Ridosa A Dan Ridosa B Pt. Pertamina Ep Asset 1 Field Ramba*. (N.D.).
- Analisa Kinerja Injeksi Air Dengan Metode Voidage Replacement Ratio Di Pt. Pertamina Ep Asset 1 Field Ramba - PDF Free Download*. (n.d.).
- Andalucia, Selfira, Fachri, A. (2016). *Analisis Hall Plot Untuk Mengidentifikasi Formation Damage Dan Performance Injeksi Pada Kegiatan Waterflooding Di Lapangan North Rifa Pt . Pertamina Ep Ariansyah Al Hafidz Abstrak 24 | Analisis Hall Plot Formation Damage (Sefilra Andalucia) 25 | Analisi*. 7(2), 24–37.
- Aries Seka, O., Suherman, A., Anwar, U., & Teknik Pertambangan, J. (2019). *Evaluasi Performa Sumur Injeksi Menggunakan Metode Hall Plot Dan Mengetahui Proses Waterflood Terhadap Peningkatan Sumur Job Pertamina-Jadestone Energy (Ok) Ltd Evaluation Of Injection Well Performance Using Hall Plot Method And Knowing Waterflood Process On Refining Well Job Pertamina-Jadestone Energy (Ok) Ltd* (Vol. 3, Issue 1).
- Bautista, J. F., & Taleghani, A. D. (2016). *Prediction of Formation Damage at Water Injectors Wells due to Channelization in Unconsolidated Formations*.
- Erfando, T., Rita, N., & Marliaty, T. (2017). Optimasi Laju Injeksi Pada Sumur Kandidat Convert to Injection (CTI) di Area X Lapangan Y. *Journal of Earth Energy Engineering*, 6(2), 25–35. <https://doi.org/10.22549/jeee.v6i2.992>
- Gadde, P. B., & Sharma, M. M. (2001). *Growing Injection Well Fractures and Their Impact on Waterflood Performance*.
- Ginting, I. M., Pd, S., & Rezi, C. (2021). *Surveillance dan Monitoring Injeksi Air di Lapangan “ X . ” X(1)*, 39–46.

- Hamdi, R. (2015). Evaluasi Waterflood Zona 560 Dan Zona 660 Lapangan “ X ” Menggunakan Ofm Pada Tahun 1984-2005. *Jurusan Teknik Perminyakan, Fakultas Teknologi Kebumihan Dan Energi, Universitas Trisakti, ISSN: 2460*(Seminar Nasional Cendekiawan 2015), 422–429.
- Iqbal, A., Sugiatmo, I., & Pratiwi, P. R. (2017). Evaluasi Kinerja Reservoir Dengan Injeksi Air Pada Pattren 8 LAPANGAN “ TQL .” *In PROSIDING SEMINAR NASIONAL CENDEKIAWAN*, 13–18.
- Lefebvre, C., Vigier, L., Medeiros, M. De, Dashti, H. H., & Knight, R. (2012). *Results from a Pilot Water Flood of the Magwa Marrat Reservoir and Simulation Study of a Sector Model contribute to understanding of Injectivity and Reservoir Characterization.*
- Merina, R. (2021). *Prediksi Kinerja Injeksi Air Pada Reservoir Karbonat Menggunakan Metode Hall Plot Dan Metode Voidage Replacement Ratio (Vrr).* 1(1), 1–6.
- Mihcakan, I. M., Altinay, E. I., & Kasap, I. (2005). *The Hall Plot Analysis of a Water Injection Test Affected by Geothermal Reservoir Response.* April, 24–29.
- Nugroho, M. R., Julianto, C., Priambodo, A., & Tulloh, H. (2020). Pengaruh Low Salinity Waterflooding dalam Meningkatkan Perolehan Minyak pada Reservoir Batupasir dan Karbonat. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VIII 2020, December*, 383–388.
- Qi, Q., Pepin, S., Aljazzaf, A., Ershaghi, I., & California, S. (2017). *SPE-185694-MS Errors Associated with Waterflood Monitoring Using the Hall Plot for Stacked Reservoirs in the Absence of Profile Surveys.* 2006.
- Ratnaningsih, D. R., & Danny, I. L. (2018). *Waterflooding surveillance : real time injector performance analysis using Hall plot method & derivative* *Waterflooding surveillance : real time injector performance analysis using Hall plot method & derivative.* <https://doi.org/10.1088/1755-1315/212/1/012074>
- Ratnaningsih, D. R., & Danny, I. L. (2018b). Waterflooding surveillance: Real

time injector performance analysis using Hall plot method & derivative. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 212(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/212/1/012074>

Ricks, G. V. (2000). Injection-side Application of MARCIT Polymer Gel Improves Waterflood Sweep Efficiency , Decreases Water-Oil Ratio , and Enhances Oil Recovery in the McElroy. *Society of Petroleum Engineers*, 1–10.

Rita, N., Ariyon, M., & Ramdhani, A. A. (n.d.). *Analisa Jaringan Pemipaan Sumur Injeksi Menggunakan Aplikasi Pipesim Untuk Meningkatkan Injektivitas Sumur Berdasarkan Data Lapangan AL*. 181–193.

Said, L., & Ridaliani, O. (2018). Analisa Injeksi Air Dengan Metodologi Buckley-Leverett. In *Seminar Nasional Cendekiawan ke* (Vol. 4).

Seka, O. A., Suherman, A., & Anwar, U. (2019). *Evaluasi Performa Sumur Injeksi Menggunakan Metode Hall Plot Dan Mengetahui Proses Waterflood Terhadap Peningkatan Sumur Job Pertamina – Jadestone Energy (Ok) Ltd* *Evaluation Of Injection Well Performance Using Hall Plot Method And Knowing Waterflood Pro*. 3(1), 17–25.

Silalahi, U. C., Anwar Prabu, U., Herlina, W., & Pertambangan, J. T. (n.d.). *Analisis Kerusakan Formasi Berdasarkan Data Pressure Build Up Dengan Metode Horner Plot Untuk Menentukan Kerusakan Fomasi Sumur X Pada Lapangan Pertamina Ep Asset 1 Field Rantau* *Formation Damage Analysis Based On Data Pressure Build Up With Horner Plot Metohd For Determining Formation Damage Well X On Pertamina Ep Asset 1 Field Rantau*.

Wang, Y. (2018). *A Comprehensive Work Flow To Characterize Waterflood-Induced Fractures by Integrating Real-Time Monitoring , Formation Test , and Dynamic Production Analysis Applied to Changqing Oil Field , China*. August 2017, 1–17.

Wicaksono, R. (2016). *Analisi kerusakan Formasi Dan Stimulasi Pada Reresevoir Rekah Alam Lapangan-X*. 12206060, 1–17.

Yazid, E., Yusuf, M., & Herlina, W. (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. 2(4)*, 15–23.

Yohana, E., Suryo, M. S. K. T., Endy, M., & Nur, K. (2020). *Analisis Tekanan dan Jumlah Pompa untuk Menginjeksi 35000 BWPD di Echo Flow Station Milik Pertamina Hulu Energy Offshore North West Java (ONWJ)*. 22(3), 194–200.

