

**ANALISA INJEKSI AIR MENGGUNAKAN 3 METODE
SURVEILLANCE DAN MONITORING PADA
LAPANGAN MINYAK KUANTAN**

TUGAS AKHIR



Oleh

HAIRUN

NPM 153210571

PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : HAIRUN

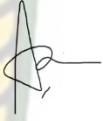
NPM : 153210571

Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Skripsi : Analisa Injeksi Air Dengan 3 Metode
Surveillance Dan Monitoring Pada
Lapangan Minyak Kuantan

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : M.Ariyon,S.T.,M.T ()

Penguji : Dr.Eng Adi Novriyansyah,S.T.,M.T ()

Penguji : Novia Rita,S.T., M.T ()

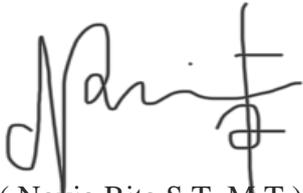
Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 17 Juni 2022

Disahkan oleh:

KETUA PROGRAM STUDI

TEKNIK PERMINYAKAN



(Novia Rita,S.T.,M.T)

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Pekanbaru, 17 Juni 2022



HAIRUN

NPM : 153210571

KATA PENGANTAR

Rasa syukur kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Kedua orang tua saya dan semua keluarga saya atas segala kasih sayang, dukungan moril maupun materil yang selalu diberikan sampai penyelesaian tugas akhir ini.
2. M.Ariyon, ST.MT selaku dosen pembimbing , yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberi masukan dalam penyusunan tugas akhir.
3. Novrianti, ST.MT selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan semangat, nasihat dan arahan selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan.
4. Norahmansyah, ST.MT selaku EOR Specialist di PT BOB BSP Pertamina hulu sekaligus mentor lapangan Tugas akhir yang telah memberi data bimbingannya dan memberi data lapangan.
5. Bapak dan Ibu dosen, Staf pengajar di Teknik Perminyakan fakultas Teknik, terimakasih atas ilmu yang diberikan.
6. Seluruh teman-teman Teknik Perminyakan UIR, Teman-teman Kos, dan semua teman-teman saya yang yang telah memberi semangat kepada saya.

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

Pekanbaru, 17 Juni 2022

Hairun

ANALISA INJEKSI AIR MENGGUNAKAN 3 METODE SURVEILLANCE DAN MONITORING PADA LAPANGAN MINYAK KUANTAN

HAIRUN

153210571

ABSTRAK

Salah satu faktor keberhasilan injeksi air adalah dilakukan program surveillance dan monitoring yang baik. Tujuan penelitian ini melakukan surveillance dan monitoring di lapangan Kuantan (2 sumur injeksi dan 8 sumur produksi). *Surveillance* (pengawasan) dan *monitoring* (pengamatan) dilakukan dengan menggunakan sinergi antara Metode Hall Plot, Analisa Konektivitas Sumur dan Voidage Replacement Ratio sehingga diperoleh gambaran keefektifan injeksi air yang dilakukan. Analisis Hall plot mengindikasikan sumur injeksi Zrd 60 sempat terjadi kerusakan formasi tetapi tidak berlangsung lama dan kembali normal sedangkan sumur injeksi Zrd 61 mengindikasikan terjadi water channeling dan kembali normal. Analisa konektivitas diperoleh konektivitas sumur injeksi Zrd 60 dengan sumur produksi Zrd 18 dan Zrd 21 bagus, sementara konektivitas sumur injeksi Zrd 60 dengan sumur produksi Zrd 26 dan Zrd 33 tidak bagus sedangkan konektivitas sumur injeksi Zrd 61 dengan sumur produksi Zrd 42, 127 tidak bagus dan untuk sumur produksi Zrd 8 dan 128 konektivitasnya dikategorikan bagus. Analisa VRR sektor Nortblue didapatkan VRR sebesar 1 dan sektor Southblue 1.3 yang menandakan penginjeksian air sudah efektif.

Kata kunci : Injeksi Air, Surveillance, Hall Plot, Voidage Replacement Ratio

**WATER INJECTION ANALYSIS USING 3 SURVEILLANCE AND
MONITORING METHODS IN KUANTAN OIL FIELD**

HAIRUN

153210571

ABSTRACT

One of the success factors for water injection is a good surveillance and monitoring program. The purpose of this study was to conduct surveillance and monitoring in the Kuantan field (2 injection wells and 8 production wells). Surveillance and monitoring are carried out using a synergy between the Hall Plot Method, Well Connectivity Analysis and Voidage Replacement Ratio to obtain an overview of the effectiveness of the water injection carried out. Hall plot analysis indicated that the Zrd 60 injection well had formation damage but it did not last long and returned to normal, while the Zrd 61 injection well indicated that water channeling occurred and returned to normal. The connectivity analysis shows that the connectivity of the Zrd 60 injection well with the Zrd 18 and Zrd 21 production wells is good, while the connectivity of the Zrd 60 injection well with the Zrd 26 and Zrd 33 production wells is not good, while the connectivity of the Zrd 61 injection well with the production wells Zrd 42, 127 is not good and for production wells Zrd 8 and 128 the connectivity is categorized as good. The VRR analysis of the Northblue sector found a VRR of 1 and the Southblue sector of 1.3 which indicates that the water injection has been effective

Keywords : *Water Injection, Surveillance, Hall Plot, Voidadge Replcement Ratio*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Pengertian <i>Waterflooding</i> (Injeksi Air).....	3
2.2 Sejarah Injeksi Air.....	4
2.3 Tujuan Injeksi Air	5
2.4 Pengawasan (<i>Surveillance</i>) Kegiatan WaterFlood.....	5
2.5 <i>Hall Plot</i> , Analisa Konektivitas Sumur dan <i>Voidage Replacement Ratio</i>	6
2.5 <i>STATE OF THE ART</i>	6
BAB III METODE PENELITIAN.....	11
3.1 Teknik pengumpulan data dan ariable Penelitian	11
3.2 Metode Penelitian.....	11
3.3 Lokasi penelitian dan Tinjauan Lapangan	13
3.4 Diagram alir.....	15
3.5 Jadwal kegiatan	16
BAB IV PEMBAHASAN.....	17
4.1 Analisa Hall Plot	18

4.2 Analisa Konektivitas	19
4.3 Analisa Voidage Replacement Ratio.....	24
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	26
5.1 KESIMPULAN	26
5.2 SARAN	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN.....	30



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Type curve Hall plot	11
Gambar 3.2 Lokasi lapangan Kuantan (PT. Bumi Siak Pusako, 2021).....	13
Gambar 4.1 2D Pola pattern water flood zona Northblue (sumur Zrd 60) dan Southblue (sumur Zrd 61) (Pt.Bumi Siak Pusako, Pertamina Hulu, 2021)	17
Gambar 4.2 Hall Plot sumuir Zrd 60	18
Gambar 4.3 Hall Plot sumur Zrd 61	19
Gambar 4.4 Konektivitas sumus Zrd 60 dengan Zrd 18.....	20
Gambar 4.5 Konektivitas sumur Zrd 60 dengan Zrd 21	20
Gambar 4.6 Konektivitas sumur Zrd 60 dengan sumur Zrd 26.....	21
Gambar 4.7 Konektivitas sumur Zrd 60 dengan Zrd 33.....	21
Gambar 4.8 Konektivitas sumur Zrd 61 dengan Zrd 8.....	22
Gambar 4.9 Konektivitas sumur Zrd 61 dengan Zrd 42.....	22
Gambar 4.10 Konektivitas sumur Zrd 61 dengan Zrd 127.....	23
Gambar 4.11 Konektivitas sumur Zrd 61 dengan Zrd 128.....	23
Gambar 4.12 Rasio perbandingan injeksi dan produksi (VRR) zona Northblue	24
Gambar 4.13 Rasio perbandingan injeksi dan produksi (VRR) zona Southblue.....	25

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 State Of The Art	6
Tabel 3.1 Diagram alir.....	15
Tabel 3.2 Jadwal kegiatan	16
Table 4.1 Ringkasan analisa konektivitas sumur	24



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Map Structure Lapangan BOB PT.BUMI SIAK PUSAKO	30
Lampiran 2 Kompleksi sumur injeksi Zrd 60 lapisan sand 2830'	31
Lampiran 3 Kompleksi sumur injeksi Zrd 61 lapisan sand 2900'	32



BAB I

PENDAHULUAN

I.I Latar Belakang

Sumur produksi minyak yang sudah tua tentu akan mengalami penurunan laju produksi, ini disebabkan oleh menurunnya tekanan reservoir untuk mengalirkan fluida keatas permukaan. Untuk mengambil sisa-sisa cadangan yang masih tersisa dilakukan *waterflooding*. *Waterflooding* adalah metode yang digunakan dengan cara menginjeksikan air ke dalam reservoir sehingga kolom air akan memenuhi pori batuan reservoir dan menekan minyak yang ada sehingga tekanan reservoir dapat dipertahankan dan produksi dapat ditingkatkan (Sefilra & Fachri, 2016).

Setelah dilakukan *waterflooding* untuk mengetahui gambaran keefektifan *waterflooding* dilakukan *Surveillance* (pengawasan) dan *monitoring* (pengamatan) injeksi air. Salah satu upaya untuk melakukan *Surveillance* (pengawasan) dan *monitoring* (pengamatan) injeksi air adalah menganalisa perilaku sumur injeksi, sumur produksi dan hubungan antara keduanya. Banyak metode yang telah dikembangkan dengan menganalisa perilaku tersebut.

Hall melakukan studi untuk memonitoring kinerja injeksi air dengan membuat plot antara tekanan kumulatif sumur dengan kumulatif air yang telah diinjeksikan. Dari metode tersebut, dapat diketahui apakah sumur injeksi yang digunakan efektif menginjeksikan air atau adanya indikasi faktor skin. Metode Hall ini sangat populer dan digunakan secara meluas.

Selain mengamati sumur injeksi seperti metode Hall, dilakukan juga studi untuk mengamati hubungan atau konektivitas antara sumur injeksi dan sumur produksi. Analisis konektivitas dilakukan untuk mengetahui apakah respon sumur produksi setelah dilakukan penginjeksian air. Suatu sumur injeksi dan sumur produksi memiliki konektivitas yang bagus bila tekanan dan produksi liquid meningkat setelah penginjeksian. Sebaliknya, bila sumur produksi tidak mengalami peningkatan tekanan dan peningkatan produksi maka konektivitas antara sumur injeksi dan sumur produksi tersebut

Hal lain yang umum digunakan untuk mengamati keberhasilan injeksi air adalah *Voidage Replacement Ratio*. *Voidage Replacement Ratio* adalah perbandingan antara volume fluida yang diinjeksikan dengan volume fluida yang diproduksi. Berdasarkan nilai VRR tersebut dapat ditentukan keefektifan injeksi air.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan penelitian dari penelitian ini adalah Sebagai berikut ;

- a. Mengetahui problem yang terjadi pada sumur injeksi menggunakan Hall plot
- b. Mengetahui konektivitas sumur melalui performance produksi
- c. Mengetahui perbandingan volume fluida yang diinjeksikan dengan fluida yang diproduksi menggunakan analisa *Voidage Replacement Ratio*.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun mamfaat dari penelitian ini, yaitu :

- 1). Bagi Civitas Akademis

Menambah wawasan ilmu pengetahuan bagi mahasiswa tentang analisa projek *waterflood surveillance*.

- 2). Bagi instansi

- a. Mengetahui *performance* sumur produksi setelah dilakukan penginjeksian air.
- b. Mengetahui keefektifan kegiatan waterflooding.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini analisa Waterflood Surveillance menggunakan beberapa analisa, yaitu :

- a. *Hall plot* untuk mengidentifikasi problem yang terjadi pada sumur injeksi
- b. Melihat konektivitas sumur melalui performance produksi
- c. *Voidage Replacement ratio* untuk melihat perbandingan jumlah volume yang diinjeksikan dengan fluida yang diproduksi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Sebagai sumber hukum islam, Alqur'an telah menunjukkan bahwa manusia akan dibangkitkan pada hari kebangkitan, meski tubuhnya telah hancur dan bercerai berai. Allah SWT juga sudah menegaskan bahwa meski tubuh manusia sudah berubah menjadi fosil (batu) atau besi sekalipun, Allah tetap berkuasa untuk membangkitkan mereka.

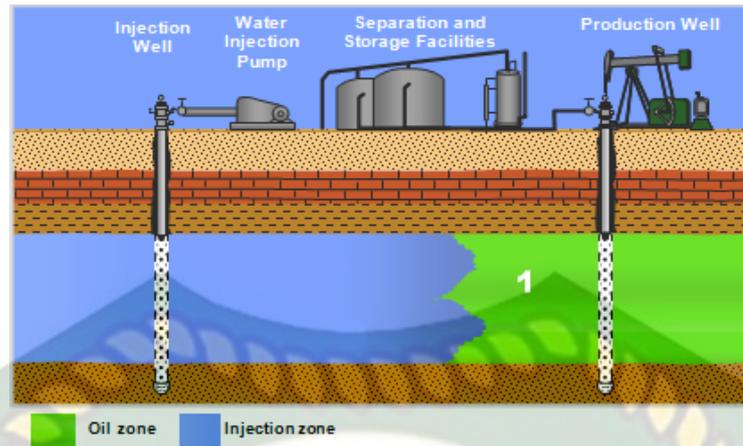
Ayat Alqur'an yaitu Surah Al-Isra' ayat 49-51 yang artinya : “Dan mereka berkata:”Apakah bila kami telah menjadi tulang belulang dan benda-benda yang hancur, apa benar-benarkah kami akan dibangkitkan kembali sebagai makhluk yang baru? Katakanlah: Jadilah kamu sekalian batu atau besi, atau suatu makhluk dari makhluk yang tidak mungkin (hidup) menurut pikiranmu. Maka mereka bertanya: Siapa yang menghidupkan kami kembali? Katakanlah: Yang telah menciptakan kamu pada kali yang pertama. Lalu mereka akan menggeleng-gelengkan kepala mereka kepadamu dan berkata: Kapan itu (akan terjadi)? Katakanlah: Mudah-mudahan waktu berbangkit itu dekat”.

Dari ayat diatas dijelaskan bahwa ketika manusia mati dan menjadi tulang belulang dan berubah menjadi batu (fosil). Fosil yang terbentuk oleh pembusukan dari sumber daya alam, sisa tumbuhan, dan binatang, termasuk zooplankton dan fitoplankton yang mengendap di dasar laut jutaan tahun yang lalu tersebut dapat menjadi bahan bakar fosil, yang terdiri dari minyak bumi, gas alam dan batu bara.

2.1 Pengertian *Waterflooding* (Injeksi Air)

Pada lapangan yang sudah melewati batas *primary recovery*-nya, dilakukan salah satu optimasi produksi yaitu injeksi air (*water flooding*). Mekanisme kerjanya adalah dengan menginjeksikan air ke dalam formasi yang berfungsi untuk mendesak minyak menuju sumur produksi sehingga akan meningkatkan produksi minyak atau dapat juga berfungsi untuk mempertahankan tekanan reservoir (*pressure maintenance*).

Ilustrasi injeksi air seperti berikut ini :



Gambar 2.1 Skema injeksi air

2.2 Sejarah Injeksi Air

Penemuan minyak mentah oleh Edwin L. Drake di Titusville pada tahun 1859 menandai dimulainya era industri minyak bumi. Penggunaan minyak bumi yang semakin meluas membuat orang mulai berpikir untuk meningkatkan perolehan produksi minyak bumi, maka pada awal 1880-an, J.F. Carlil mengemukakan pendapatnya bahwa kemungkinan perolehan minyak dapat ditingkatkan melalui penginjeksian air dari suatu sumur injeksi untuk mendorong minyak ke sumur produksi adalah sangat besar.

Eksperimen injeksi air pertama tercatat dilakukan di lapangan Bradford, Pennsylvania sekitar tahun 1880. Dari eksperimen pertama ini, mulai terlihat bahwa program *waterflooding* akan dapat meningkatkan produksi minyak. Maka pada awal 1890, dimulailah penerapan *waterflood* di lapangan-lapangan minyak di Amerika Serikat. Pada 1907, ditemukan metoda baru dalam pengaplikasian *water flood* di Lapangan Bradford, Pennsylvania, yang disebut sebagai “metoda lingkaran (*circular method*)”, yang juga tercatat sebagai pengaplikasian *flooding pattern* pertama. Karena adanya regulasi pemerintah yang melarang penerapan *waterflood* di masa itu, proyek ini dilakukan secara sembunyi-sembunyi, sampai larangan itu dicabut pada 1921. Mulai tahun 1921, penerapan *waterflood* mulai meningkat. *Pattern waterflood* berubah dari *circular method* menjadi *line method*. Pada 1928, pola *five spot* ditemukan dan diterapkan secara meluas di lapangan-lapangan minyak. Selain tahun-tahun tersebut, operasi *waterflood* juga tercatat dilakukan di Oklahoma pada tahun 1931, di Kansas pada tahun 1935, dan di

Texas pada tahun 1936. Dibandingkan dengan masa sekarang, penerapan *waterflood* pada masa dahulu boleh dibilang sangat sedikit. Salah satu faktor penyebabnya adalah karena pada era tersebut pemahaman tentang *waterflood* masih sangat sedikit. Selain itu, pada era tersebut produksi minyak cenderung berada diatas kebutuhan pasar. Signifikansi injeksi air mulai terjadi pada akhir 1940-an, ketika sumur-sumur produksi mulai mencapai batasan ekonomis (*economic limit*-nya) dan memaksa operator berpikir untuk meningkatkan producable reserves dari sumur-sumur produksi. Pada 1955, *waterflood* tercatat memberikan kontribusi produksi lebih dari 750000 BOPD dari total produksi 6600000 BOPD di Amerika Serikat. Dewasa ini, kontribusi injeksi air mencapai lebih dari 50% dari total produksi minyak di Amerika Serikat.

2.3 Tujuan Injeksi Air

Bila tenaga dorong alamiah (*Natural Drive Mechanism*) suatu reservoir sudah tidak mampu lagi mendorong fluida ke permukaan, maka perlu dilakukan metode pendorong selanjutnya, yaitu dengan injeksi air (*waterflooding*). *Waterflooding* memiliki 2 tujuan, yaitu:

- Injeksi air untuk *Pressure Maintenance* dilaksanakan pada saat energi pendorong reservoir masih cukup besar dan bertujuan untuk menjaga agar energi tersebut tetap besar.
- Injeksi air untuk *Secondary Recovery* dilakukan saat tekanan reservoir sudah rendah. Air diinjeksikan ke dalam reservoir agar bisa mendesak minyak yang masih tertinggal pada tahap produksi sebelumnya.

2.4 Pengawasan (*Surveillance*) Kegiatan WaterFlood

Kunci kesuksesan sebuah proyek *waterflood* terletak pada perencanaan dan pelaksanaan program pengawasan serta monitoring pada sumur. Program ini disesuaikan dengan lapangan atau proyek yang bersangkutan, sebab masing-masing proyek *waterflood* mempunyai karakter yang beragam. Sebelumnya proyek *waterflood* hanya terfokus pada hasil produksi dan injeksi saja. Dewasa ini dengan pengetahuan manajemen reservoir modern, telah menjadi praktek industri untuk menjadikan sumur, fasilitas, *water system* dan kondisi pengoperasian menjadi program *surveillance* secara komprehensif.

2.5 Hall Plot, Analisa Konektivitas Sumur dan Voidage Replacement Ratio

a. Metode Hall Plot

Hall melakukan studi untuk memonitoring kinerja injeksi air dengan membuat plot antara antara tekanan kumulatif sumur dengan kumulatif air yang telah diinjeksikan. Dari metode tersebut, dapat diketahui apakah sumur injeksi yang digunakan efektif menginjeksikan air atau adanya indikasi faktor skin. Metode Hall ini sangat populer dan digunakan secara meluas.

b. Analisa Konektivitas Sumur dan Voidage Replacement Ratio

Analisis konektivitas dilakukan untuk mengetahui respon sumur setelah dilakukan penginjeksian. Analisis ini menggunakan data laju produksi minyak, laju produksi gross, injection volume, dan water cut, dengan periode waktu produksi. Dari data produksi dapat dilihat apakah . sumur injeksi dan sumur produksi memiliki konektivitas yang bagus. *Voidage Replacement Ratio* adalah perbandingan antara volume fluida yang diinjeksikan dengan volume fluida yang diproduksi. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas injeksi yang dilakukan

2.5 STATE OF THE ART

Tabel 2.1 State Of The Art

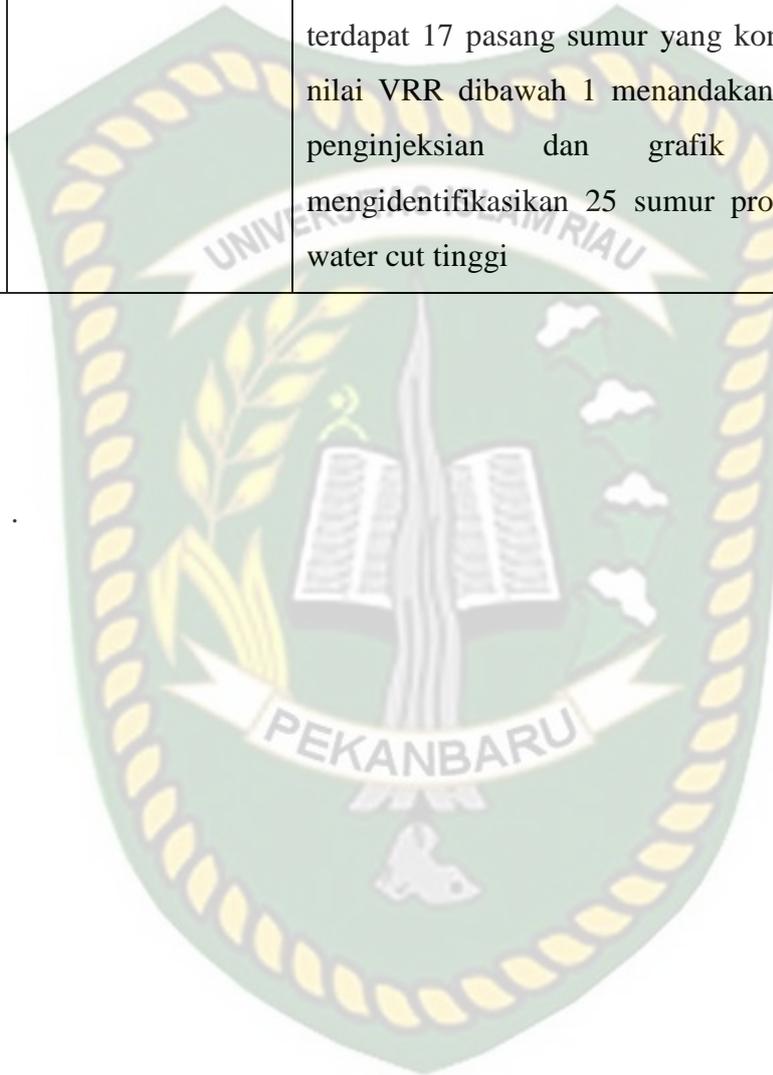
No	Deskripsi	
1.	<i>Author</i>	Rice Merina, (2021)
	<i>Title</i>	Prediksi kinerja injeksi air pada reservoir karbonat menggunakan metode hall plot dan metode voidadge replacement ratio (VRR)
	<i>Objective</i>	Memprediksi kinerja air dengan metode hall plot dan voidadge replacement ratio
	<i>Metodologi</i>	Mengumpulkan data sumur selanjutnya membuat kurva hubungan kumulatif injeksi air terhadap kumulatif pressure untuk analisa hall plot dan terakhir melakukan perbandingan analisa performa fluida yang diinjeksikan kedalam reservoir dengan

		fluida yang diproduksi.
	<i>Parameter</i>	1. <i>pressure sumur injeksi</i> 2. <i>kumulatif water injeksi</i> 3. <i>fluida injeksi dan fluida terproduksi</i>
	<i>Result</i>	1. Injeksi air dilakukan agar dapat menjaga penurunan produksi 2. analisis tekanan reservoir menggunakan data well surveillance yang tersedia 3. analisa hall plot mengetahui efektifitas injeksi air dengan melihat perubahan slope 4. untuk meminimalkan ketidak seimbangan tekanan, nilai vrr mendekati angka 1 selama produksi berlangsung
2.	<i>Author</i>	Ginting, Mulia. Ziad Dan Rezi, Cornelius, (2020)
	<i>Title</i>	Surveillance dan monitoring injeksi air di lapangan “ X”
	<i>Objective</i>	Melihat hasil survei injeksi air dengan metode Hall plot, Chan’s plot, konektivitas dan VRR
	<i>Metodologi</i>	Melakukan plot kumulatif water injeksi dan kumulatif pressure untuk hall plot, plot WOR dan WOR’ terhadap waktu untuk hasil Chan’s plot, selanjutnya melihat performance produksi untuk konektivitas analisis dan VRR untuk melihat perbandingan fluida injeksi dan fluida produksi
	<i>Parameter</i>	1. <i>Cumulatif pressure</i> 2. <i>Cumulatif injeksi</i> 3. <i>Time</i> 4. <i>Performance produksi</i> 5. <i>fluida injeksi</i> 6. <i>fluida produksi</i>
	<i>Result</i>	Metode Plot dengan Hall plot mengindekasikan sumur injeksi Z-117 normal, Chan’s plot

		<p>mengindikasikan sumur production Z-2, Z-4 dan Z-6 mengalami water channelling dan sumur production Z-3, Z-5 dan Z-7 mengalami waterconing, analisa konektivitas diperoleh sumur injeksi Z-1 dengan sumur produksi Z-2, Z-3 dan Z-4 cukup bagus sementara dengan sumur produksi Z-5, Z-6 dan Z-7 dikategorikan buruk. Selanjutnya analisa VRR didapatkan sebesar 0,45 yang berarti penginjeksian belum terlalu efektif.</p>
3.	<i>Author</i>	Muhammad Satya Pawitra dan Dr. Ir. R.S Tri-jana Kartoatmodjo, (2014)
	<i>Title</i>	<i>Perencanaan ulang pola injeksi waterflood pada struktur “ N “ dilapangan “ MSP “</i>
	<i>Objective</i>	Penelitian dilakukan dengan melakukan analisa <i>surveillance</i> terhadap kinerja produksi struktur “N”.
	<i>Metodologi</i>	Langkah-langkah analisa <i>surveillance</i> yang dilakukan antara lain; Analisa <i>production performance</i> , analisa <i>interwell connectivity</i> , <i>scatter plot</i> , <i>bubble map</i> radius pengurangan (re), perhitungan nilai HCV, dan perkiraan sisa cadangan dengan <i>decline curve analysis</i> . Berdasarkan langkah-langkah tersebut maka diketahui bahwa struktur “N” pada lapangan “MSP” merupakan reservoir heterogen, dan memiliki potensi <i>remaining reserves</i> sebesar 23.99 MMSTB. Pola injeksi yang sesuai adalah kombinasi antara pola peripheral dan inverted
	<i>Parameter</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>original oil in price</i> 2. <i>water cut</i> 3. <i>reservoir properties</i>
	<i>Result</i>	1. struktur (N) pada lapangan (MSP) berdasarkan

		<p>analisa production performance plot telah mengalami peningkatan produksi setelah dilakukan waterflooding pada tahun 2005</p> <p>2. pada analisis production performance plot pada tahun 2008 laju produksi minyak sebesar 15.530.74 STB/D merupakan puncak produksi</p> <p>3. pada analisis konektivitas antara sumur injeksi dan produksi, diketahui bahwa jenis patahan yang ada di struktur (N) merupakan patahan leaking.</p> <p>4. pattern yang terbentuk dari kesimpulan sumur produksi maupun sumur injeksi adalah kombinasi antara inverted dan peripheral</p> <p>5. Berdasarkan nilai HCV terhadap oil drainage volume, sumur produksi yang diubah menjadi sumur injeksi, yakni MSP-7, MSP-18, MSP-25, MSP-30, MSP-31, MSP-42 dan MSP-46</p> <p>6. berdasarkan decline curve analysis struktur “ N “ memiliki sisa cadangan sebesar 23.990.889 ST. sehingga potensi recovery factor dengan dilakukannya waterflood adalah sebesar 31%</p>
4.	<p><i>Author</i></p> <p><i>Title</i></p> <p><i>Objective</i></p> <p><i>Metodologi</i></p>	<p>Cornelius, Sugiatmo Kasmungin, Aqlyna Fattahanisa, Irma Tuanaya dan Zico Iqbal Fatturahman, (2020)</p> <p>Evaluasi kinerja reservoir injeksi air pada lapisan “ X” lapangan “ Y “</p> <p>Analisa keefektifan injeksi air dengan metode konektivitas, VRR dan scatter plot</p> <p>Langkah awal yaitu melihat konektivitas sumur injeksi dan sumur produksi dengan melihat performance sumur, selanjutnya melihat perbandingan fluida injeksi dan fluida produksi untuk hasil VRR dan scattre plot melihat water cut</p>

<i>Parameter</i>	<i>1. flow rate fluida</i> <i>2. flow rate oil</i> <i>3. pressure</i> <i>4. Water cut</i>
<i>Result</i>	Dari 21 sumur injeksi dan 42 sumur produksi hanya terdapat 17 pasang sumur yang konektivitas bagus, nilai VRR dibawah 1 menandakan kurang efektif penginjeksian dan grafik scatter plot mengidentifikasi 25 sumur produksi memiliki water cut tinggi



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Teknik pengumpulan data dan 11variable Penelitian

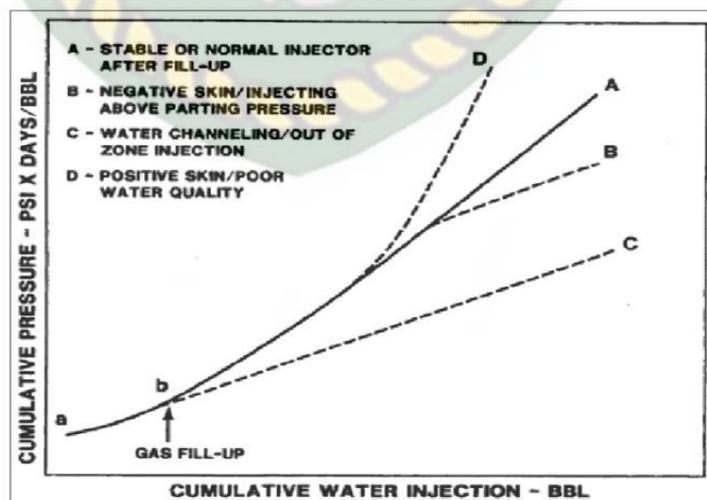
Menurut sugiyono (2013:224) teknik pengumpulan data merupakan langkah yang paling strategis dalam penelitian. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder. Data sekunder yakni data penelitian yang diperoleh secara tidak langsung melainkan melalui media perantara.

3.2 Metode Penelitian

Dari sumur-sumur yang ada di lapangan X akan dianalisa sumur injeksi X dan sumur-sumur produksi Y. *Surveillance* dan *monitoring* injeksi air di lapangan X ini dilakukan dengan analisis *Hall plot*, *Chan dagnostic plot*, konektivitas sumur, dan *voidage replacement ratio* (VRR).

a. Analisa *Hall plot*

Analisis *Hall plot* dilakukan dengan membuat plot antara tekanan kumulatif sumur dengan kumulatif air yang telah diinjeksikan. Plot yang diperoleh dari masing-masing sumur kemudian dibandingkan dengan pola yang telah dilakukan oleh Hall (gambar 3.2.1). Berdasarkan perbandingan tersebut dapat ditentukan apakah kondisi sumur injeksi dalam keadaan normal atau adanya skin/penyumbatan.



Gambar 3.1 Type curve Hall plot

b. Analisa konektivitas

Analisis konektivitas dilakukan untuk mengetahui respon sumur produksi setelah dilakukan penginjeksian. Analisis ini menggunakan data oil rate, liquid injection rate, pressure dan *water cut* terhadap periode waktu produksi. Respon terhadap injeksi tersebut dilihat dari kemiripan *trend* produksi *liquid* dan injeksi air.

Berikut adalah kriteria-kriteria bahwa sumur produksi memiliki respon yang baik terhadap sumur injeksi:

- Adanya fill up dari injeksi dalam jangka waktu tertentu dan diikuti dengan Oil Bank Swept ke sumur produksi.
- Adanya indikasi water breakthrough di sumur produksi yang ditandai dengan naiknya watercut secara bertahap hingga mencapai hampir 100%.
- Adanya liquid influx yang cukup besar ke sumur produksi yang ditandai dengan naiknya DFL (Dynamic Fluid Level).
- Trend produksi liquid dan injeksi air akan memiliki kemiripan.
- Adanya peningkatan tekanan reservoir di sumur produksi dari hasil Test PBU (Pressure Build Up) ataupun BHP (Bottom Hole Pressure).

c. *Voidage Replacement Ratio*

Voidage Replacement Ratio adalah perbandingan antara volume fluida yang diinjeksikan dengan volume fluida yang diproduksi. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas injeksi yang dilakukan. Secara matematis, VRR dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$VRR = \frac{\text{Injection Volume}}{\text{Produced Volume}}$$

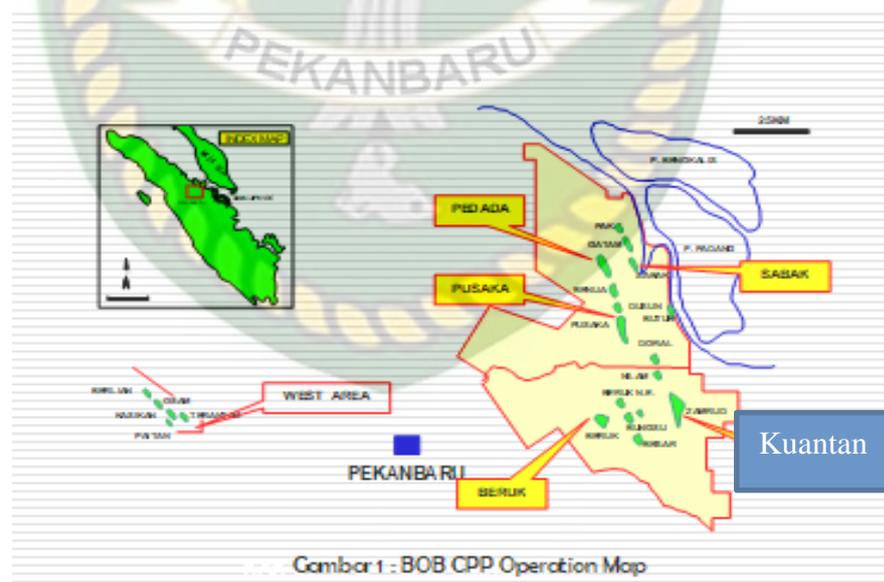
Semakin nilai VRR mendekati 1, maka penginjeksian bisa dikatakan semakin efektif. Sedangkan jika nilai VRR lebih kecil dari 1, maka injeksi yang dilakukan belum dapat memberikan pengaruh yang besar bagi produktivitas sumur-sumur produksi. Berdasarkan ketiga metode tersebut, dilakukan analisa untuk seluruh sumur injeksi dan sumur produksi dilapangan X sehingga dapat dilakukan *surveillance* dan *monitoring* yang lebih baik.

3.3 Lokasi penelitian dan Tinjauan Lapangan

Badan Operasi Bersama PT. Bumi Siak Pusako Pertamina Hulu terletak di Kabupaten Siak, Riau. Badan Operasi Bersama PT. Bumi Siak Pusako Pertamina Hulu memiliki 26 lapangan produksi dan terbagi dalam 3 (tiga) area, yaitu Zamrud Area, Pedada Area, dan West Area.

Badan Operasi Bersama PT. Bumi Siak Pusako Pertamina Hulu merupakan warisan dari PT. Caltex Pacific Indonesia, yang sejarahnya dimulai pada tahun 1972 di Kasikan. Lalu setelah itu mulai ditemukan lagi sumur – sumur baru seperti sumur di Pedada yang ditemukan pada tahun 1973, berlanjut dengan ditemukannya sumur di Zamrud area pada tahun 1975, dan berlanjut ke sumur – sumur lainnya di berbagai lapangan.

Secara geografis lapangan ini terletak di bagian Timur Cekungan Sumatra Tengah yang merupakan salah satu cekungan Tersier di Pulau Sumatera, Wilayah kerja BOB PT BSP Pertamina Hulu dengan luas sebesar 9.135,06 km² terletak di propinsi Riau yang tercakup dalam Kabupaten Siak, Bengkalis, Kampar Rokan Hulu. Lokasi–lokasi area produksi BOB PT BSP Pertamina Hulu Riau digambarkan dalam gambar 3.3.1 berikut ini.



Gambar 3.2 Lokasi lapangan Kuantan (PT. Bumi Siak Pusako, 2021)

Sumur Horizontal di Badan Operasi Bersama PT. Bumi Siak Pusako Pertamina Hulu hanya ada satu yakni lapangan Butun yang terletak di West Area dengan kemiringan terbesar sekitar 90,5°. Pada umumnya struktur tanah di

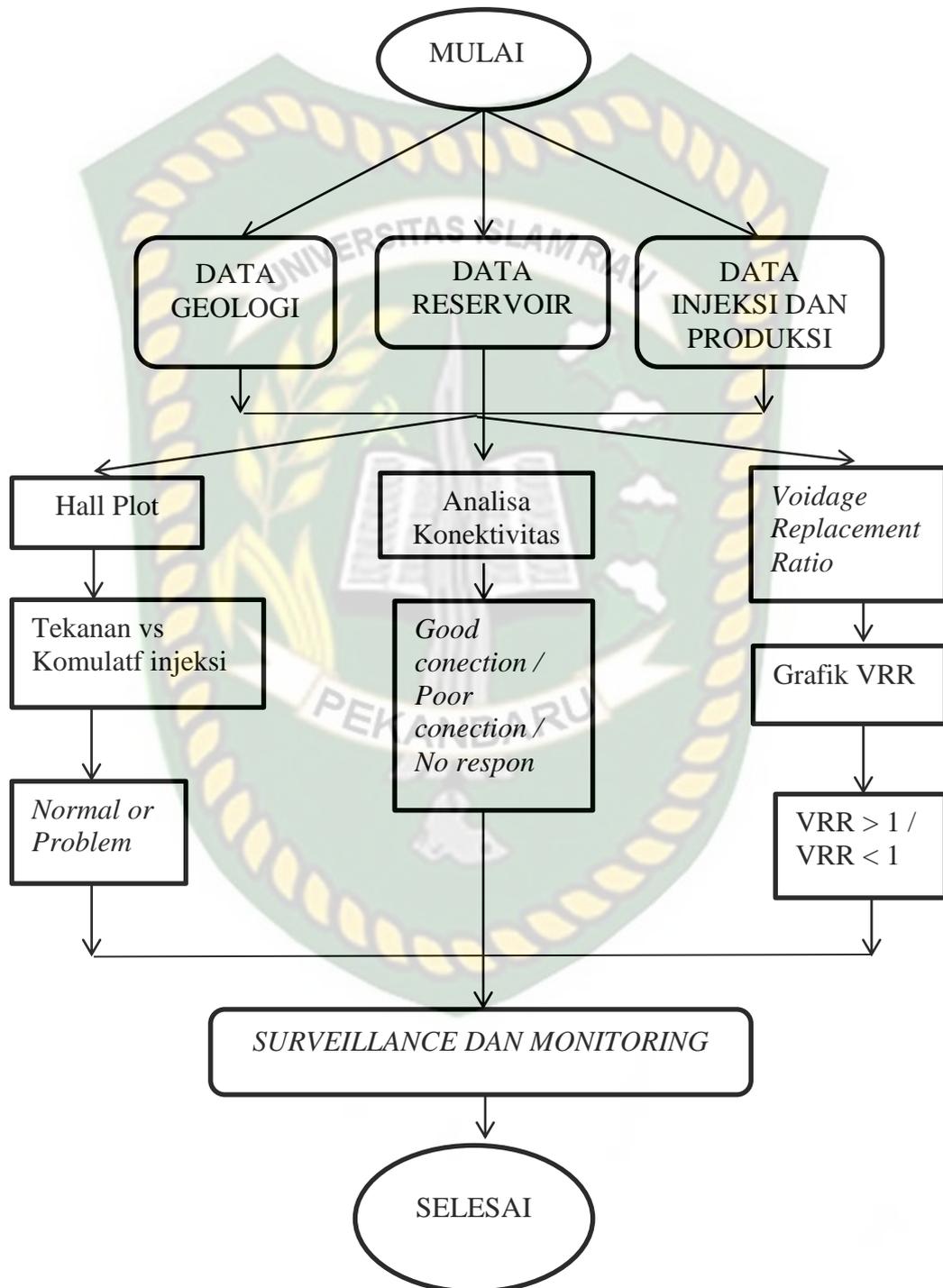
lapangan BOB PT BSP Pertamina Hulu adalah tanah bergambut, karena itu setiap tahunnya ketinggian struktur tanah menurun.

Pada tahun 1980, program pengembangan lapangan produksi dilakukan untuk mengembangkan lapangan dengan spasi 248 acre dilakukan pemboran 10 sumur pengembangan. Tahun 1981, sebanyak 4 sumur kembali dibor. Yang terdiri dari 2 sumur deliniasi dan 2 sumur infill (@ 62 acre). Metode produksi pada sumur di BOB PT BSP Pertamina Hulu semuanya adalah Artificial Lift, dengan pengelolaan operasi produksi *zero discharge*. Dan sebagian besar menggunakan ESP (*Electric Submersible Pump*).

Zamrud area mulai diproduksi sejak tahun 1984, Tahap produksi secara primary recovery lebih kurang 9/10 tahun. Hingga tahun 2021 telah di bor 175 sumur, sekitar 90an producer, 45an injector dan sisanya shut-in due to no economic well. Zamrud Area memiliki 164 sumur aktif berproduksi, dimana kebanyakan sumur pada Zamrud Area adalah sumur *directional*. *Directional drilling* yang dilakukan untuk mencapai *payzone* pada Zamrud Area rata – rata berjenis J-Type. *Target Depth* di wilayah ini termasuk dalam, yaitu antara 2.000 ft hingga 3.000 ft MD. Zona target area ini sama seperti di Pedada Area, yaitu terdapat pada formasi Bekasap. Pengeboran pada Zamrud Area menggunakan metode *Directional Drilling*, karena Zamrud Area termasuk ke dalam kawasan hutan lindung dan suaka margasatwa. Oleh karena hal tersebut, sulit untuk mendapatkan perizinan pembebasan lahan, sehingga *horizontal drilling* dan *directional drilling* adalah salah satu jalan untuk mendapatkan zona target hidrokarbon.

3.4 Diagram alir

Diagram alir dari *surveillance* dan *monitoring* yang dilakukan dapat dilihat pada table dibawah ini .:



Tabel 3.1 Diagram alir

3.5 Jadwal kegiatan

Adapun jadwal kegiatan yang akan dilakukan selama penelitian ini dapat dilihat pada table dibawah ini:

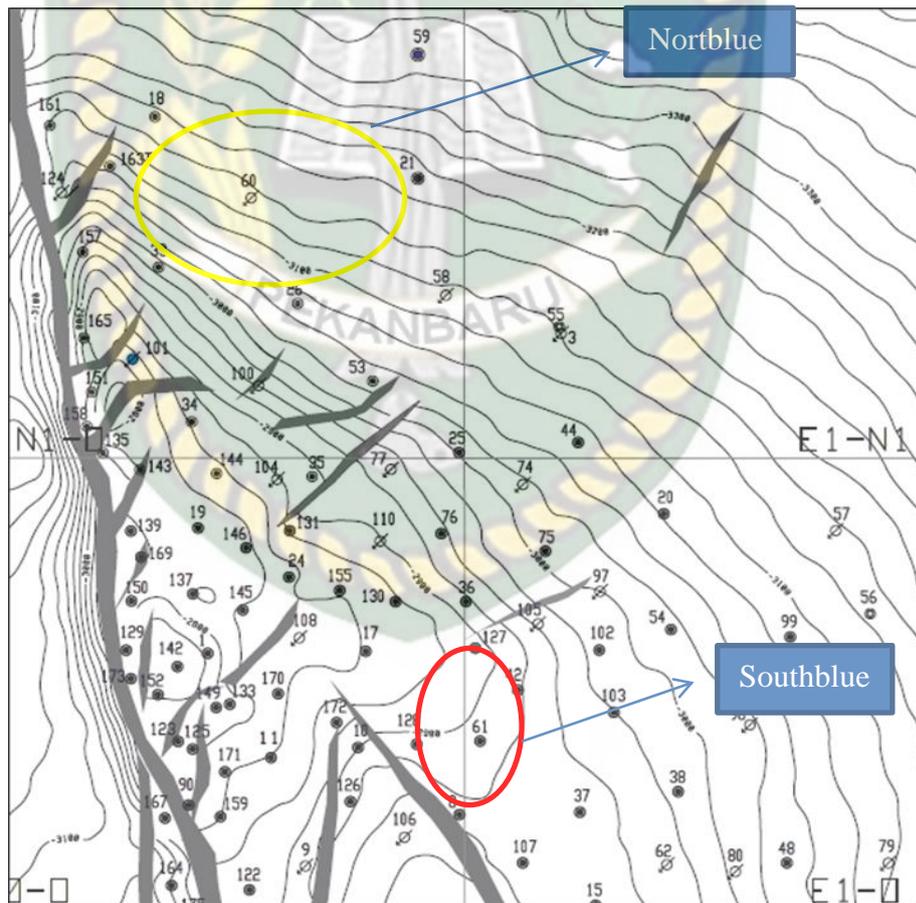
Tabel 3.2 Jadwal kegiatan

No	Jenis Kegiatan	Maret				April				Mei			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Studi Literatur												
2.	Pengumpulan Data												
3.	Pengolahan Data												
4.	Analisis Data												
5.	Pengolahan Hasil												

BAB IV PEMBAHASAN

Lapangan Kuantan memiliki 175 sumur produksi dan 45 sumur injeksi, akan tetapi didalam penelitian ini dilakukan analisa waterflood surveillace skala pattern dan skala sumur. Berdasarkan pola letak penyebaran sumur dapat dilihat pada gambar 4.1.

Berdasarkan metodologi pada bab III dilakukan analisa terhadap sumur injeksi Zrd 60 dan Zrd 61 sebagai dan sumur Zrd 8, Zrd 18, Zrd 21, Zrd 26, Zrd 33, Zrd 42, Zrd 127 dan Zrd 128 sebagai sumur produksi. Dalam analisa surveillace dan monitoring ini ditampilkan hasil masing-masing plot dari metode hall plot, konektivitas sumur dan VRR.



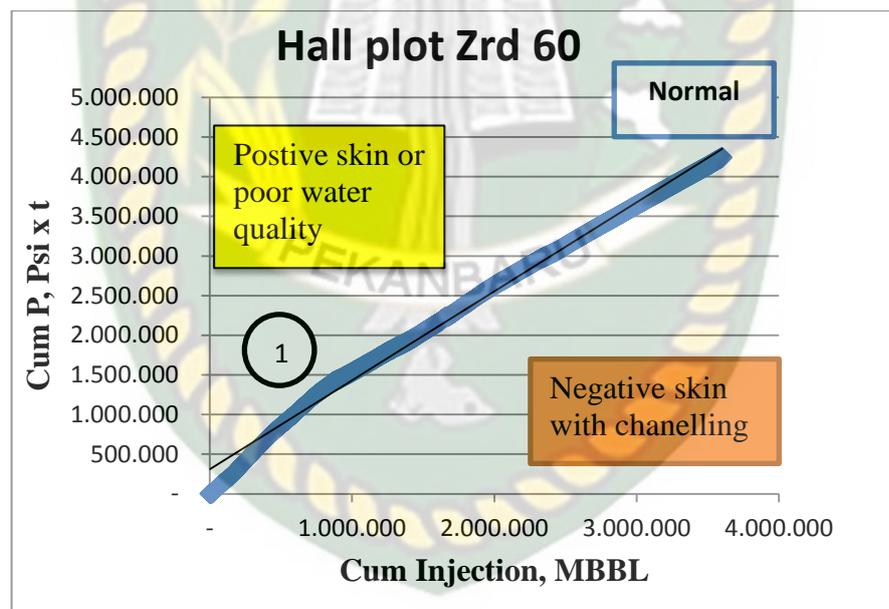
Gambar 4.1 2D Pola pattern water flood sektor Nortblue dan sektor Southblue (Pt.Bumi Siak Pusako, Pertamina Hulu, 2021)

Pada gambar 4.1 memperlihatkan dimana lokasi sumur injeksi berada di tengah atau dengan nama lain disebut pola *inverted five spot* yaitu satu sumur injeksi dikelilingi 4 sumur produksi. Terdapat 2 sektor *inverted five spot* yaitu sektor Northblue dan sektor Southblue, dimana sumur sektor Northblue yaitu sumur injeksi Zrd 60 dan 4 sumur produksi (Zrd 18, 21, 26 dan 33) dan sumur sektor Southblue yaitu sumur injeksi Zrd 61 dan 4 sumur produksi (Zrd 8, 42, 127 dan 128).

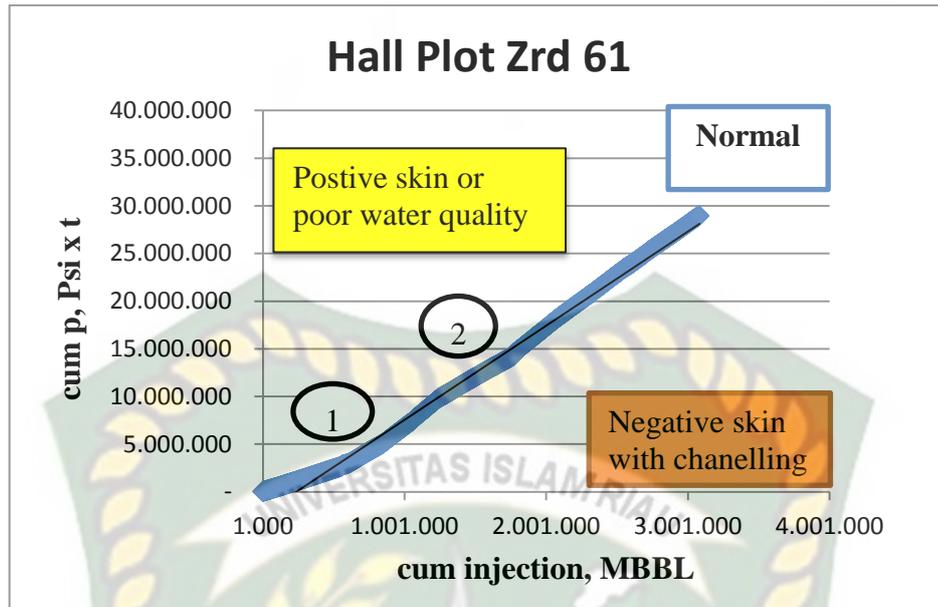
4.1 Analisa Hall Plot

Analisa Hall Plot bertujuan melihat kondisi sumur injeksi saat terjadi penginjeksian air. Dalam penelitian ini ada 2 sumur injeksi yaitu Zrd 60 dan sumur injeksi Zrd 61.

Berikut hasil Hall plot sumur injeksi Zrd 60 dan Zrd 61



Gambar 4.2 Hall Plot sumuir Zrd 60



Gambar 4 3 Hall Plot sumur Zrd 61

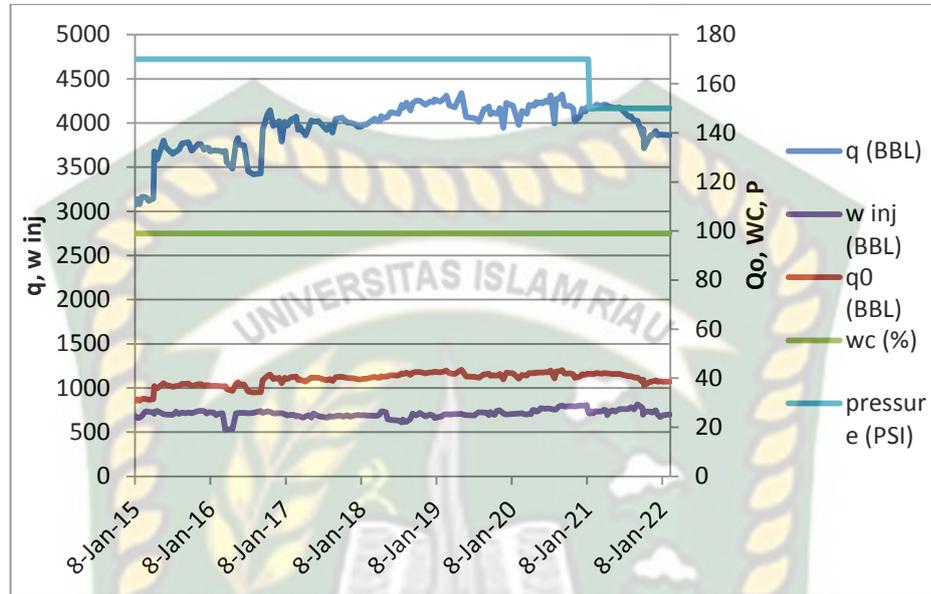
Garis putus-putus warna hitam pada gambar 4.2 dan 4.3 menandakan kondisi sumur ideal (normal). Dari gambar 4.2 dapat dilihat tren grafik kumulatif injeksi sumur Zrd 60 yang lebih kecil dari sumur injeksi Zrd 61. Pada awal injeksi kedua sumur tampak normal, hal ini tidak berlangsung lama karena sumur injeksi Zrd 60 mengalami kerusakan formasi atau *positive skin* (poin 1) tetapi tidak terlalu drastis yang ditandai dengan naiknya kumulatif tekanan yang tidak berbanding lurus dengan kumulatif injeksi. akibat kenaikan tekanan ini terjadi kerusakan formasi sehingga permeabilitas menurun dan setelah itu sumur kembali normal. Sedangkan pada sumur injeksi Zrd 61 sempat terjadi channelling (poin 1 dan 2) tetapi juga tidak terlalu drastis yang ditandai dengan turunnya kumulatif tekanan, akibatnya air yang diinjeksikan mengalami perembesan sebelum sampai ke sumur produksi dan setelah itu sumur kembali normal.

4.2 Analisa Konektivitas

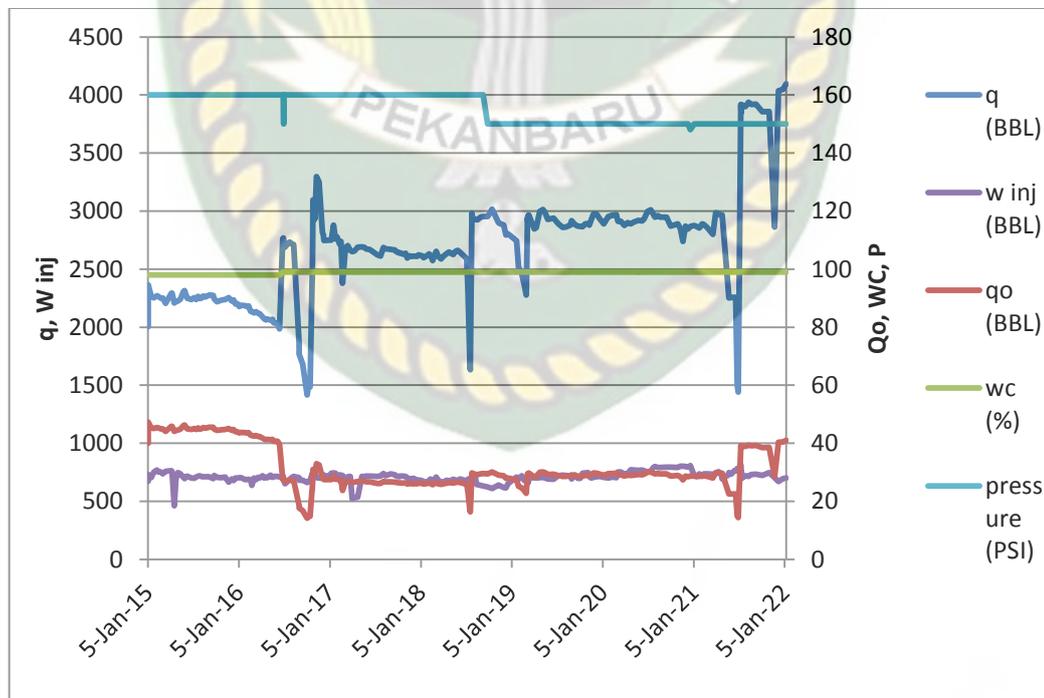
Pada analisa konektivitas ini dilakukan analisa performance produksi untuk mengetahui respon sumur produksi setelah dilakukan injeksi. Terdapat 2 zona analisa konektivitas pada penelitian ini yaitu antara sumur injeksi Zrd 60 terhadap sumur produksi Zrd 18, Zrd 21, Zrd 26 dan Zrd 33 (sektor Northblue) pada lapisan sand 2830' dan sumur injeksi Zrd 61 terhadap sumur produksi Zrd 8, Zrd 42, Zrd 127 dan Zrd 128 (sektor Southblue) pada lapisan sand 2900', dimana

garis berwarna ungu merupakan laju injeksi dan garis berwarna merah merupakan laju produksi minyak serta garis berwarna biru muda merupakan tekanan sumur.

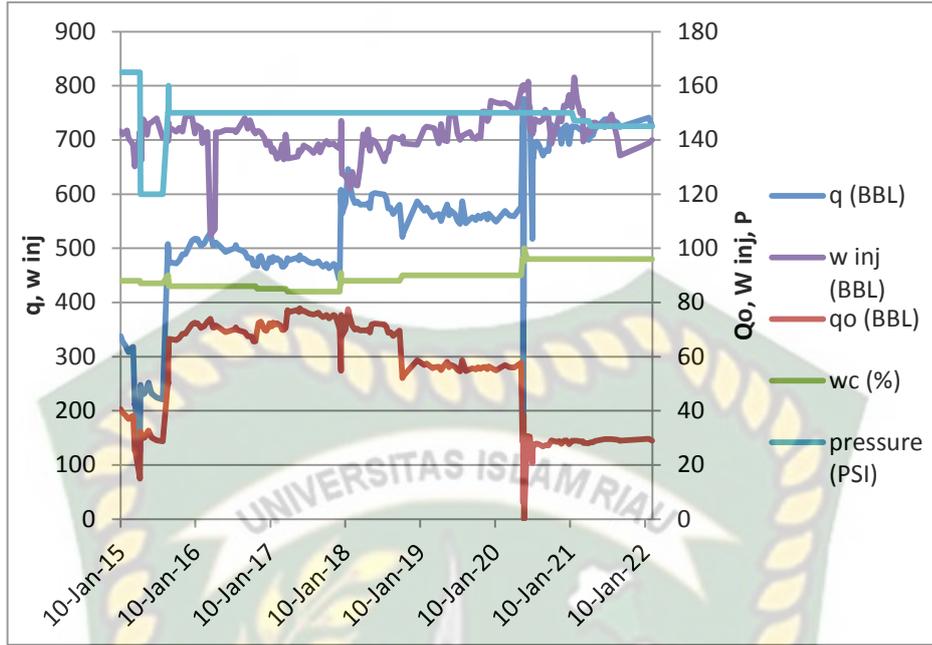
a. Konektivitas sumur injeksi zona Northblue



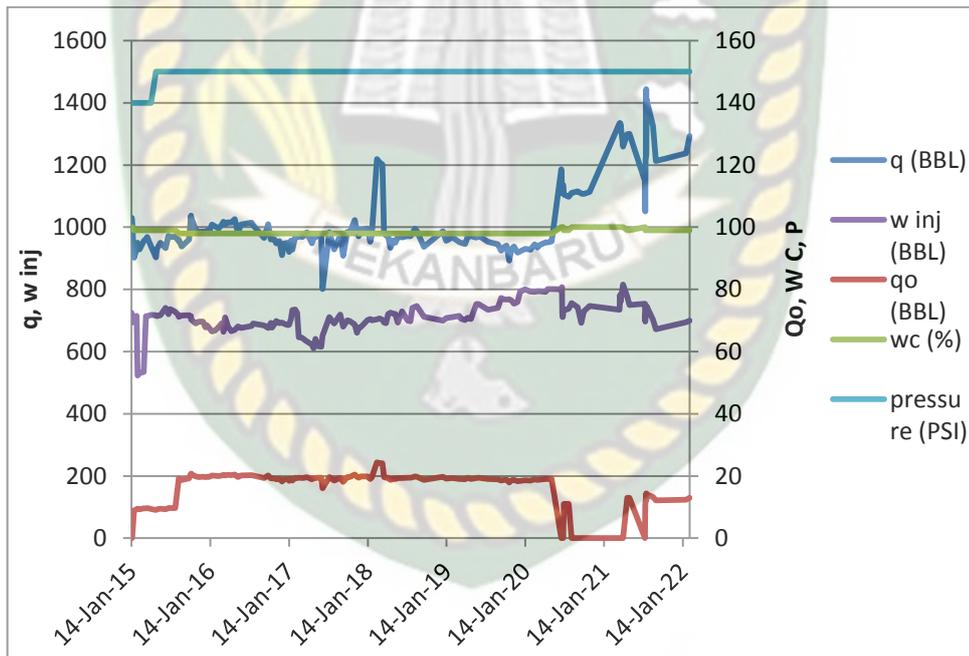
Gambar 4.4 Konektivitas sumus Zrd 60 dengan Zrd 18



Gambar 4.5 Konektivitas sumur Zrd 60 dengan Zrd 21



Gambar 4.6 Konektivitas sumur Zrd 60 dengan sumur Zrd 26

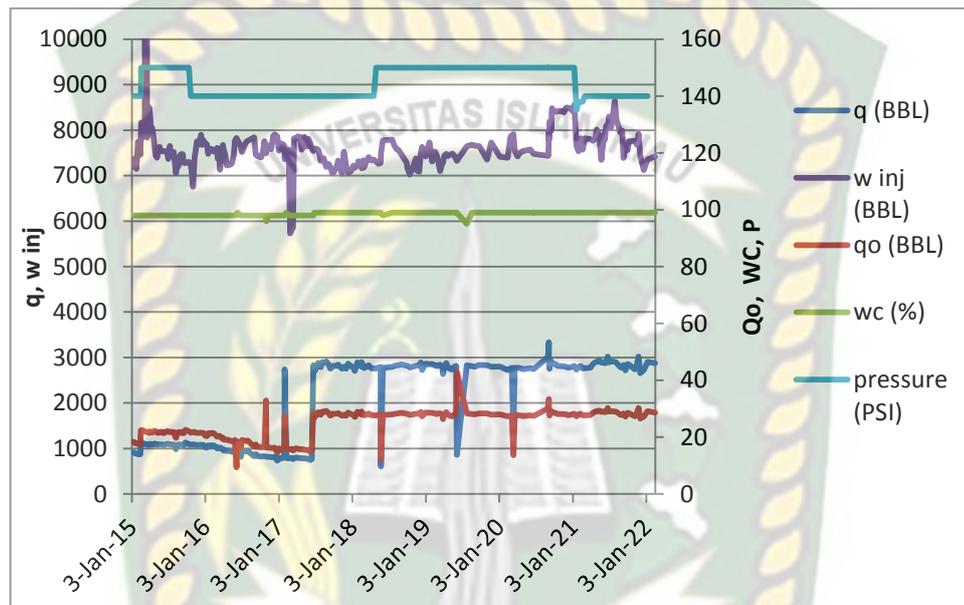


Gambar 4.7 Konektivitas sumur Zrd 60 dengan Zrd 33

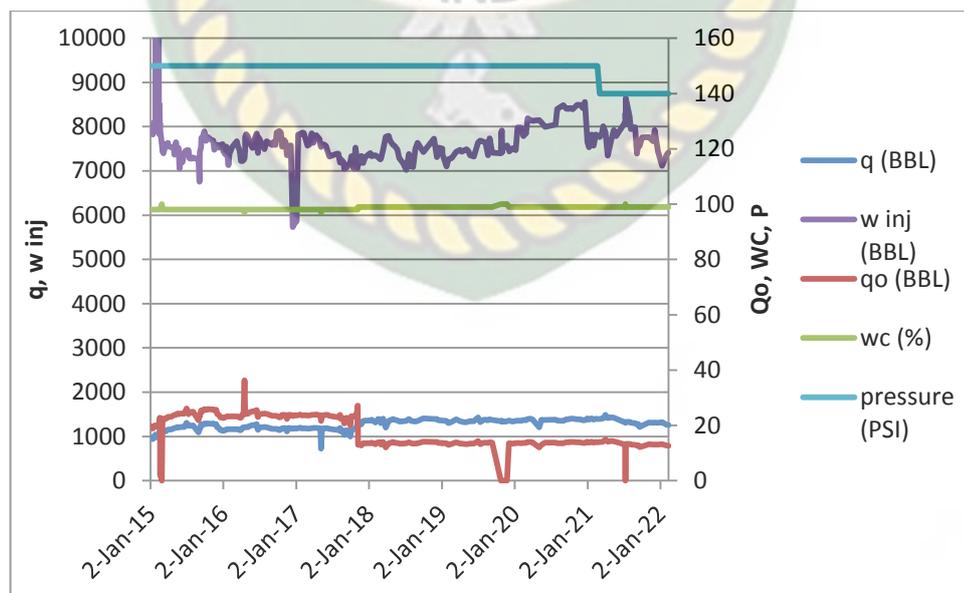
Berdasarkan gambar plot diatas tekanan sumur prduksi Zrd 18 menurun dari 170 psi menjadi 150 psi dan laju alir minyak juga menurun tetapi sebanding dengan menurunnya laju injeksi air dari sumur injeksi(Gambar 4.3), pada sumur Zrd 21 yaitu stabilnya tekanan dan naiknya laju alir minyak (Gambar 4.4).

Sedangkan pada sumur Zrd 26 (Gambar 4.5) tekanannya menurun meskipun laju injeksi air ditingkatkan dan laju alir minyak menurun. Selanjutnya pada sumur Zrd 33 (Gambar 4.6) tekanannya stabil diangka 150 psi meskipun laju injeksi air ditingkatkan tetapi laju alir minyak menurun dan sempat terproduksi 100% water.

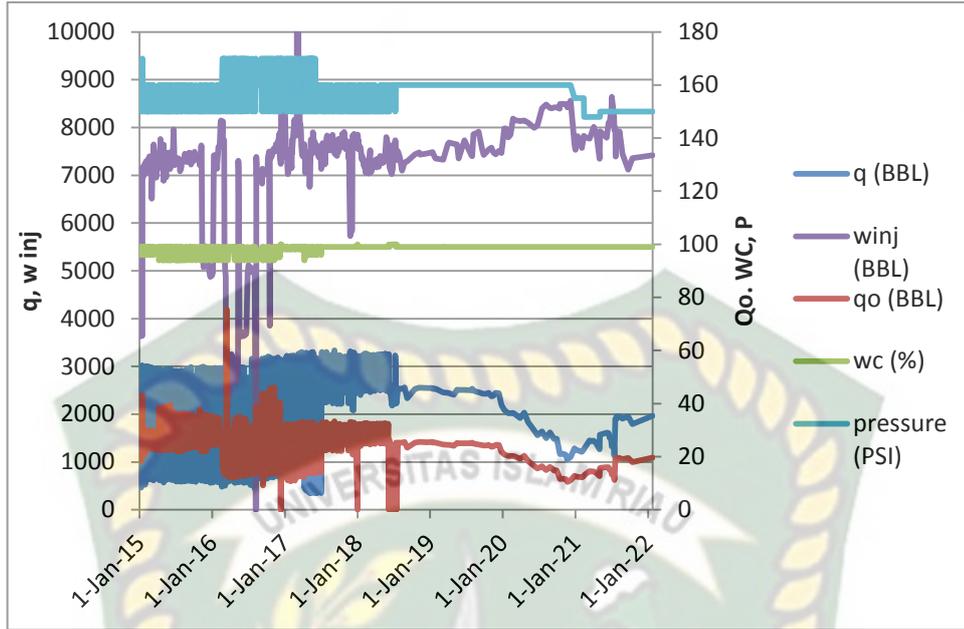
b. Konektivitas sumur injeksi sektor Southblue



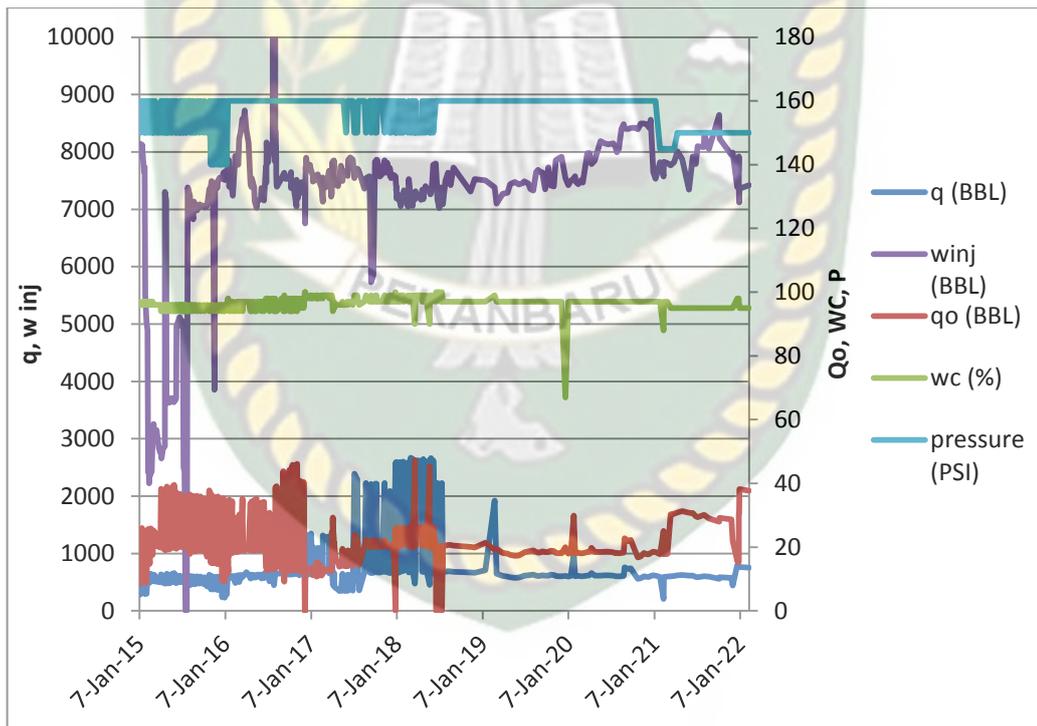
Gambar 4.8 Konektivitas sumur Zrd 61 dengan Zrd 8



Gambar 4.9 Konektivitas sumur Zrd 61 dengan Zrd 42



Gambar 4.10 Konektivitas sumur Zrd 61 dengan Zrd 127



Gambar 4.11 Konektivitas sumur Zrd 61 dengan Zrd 128

Berdasarkan gambar-gambar plot diatas, pada sumur Zrd 8 (Gambar 4.7) terjadi kenaikan tekanan sumur saat laju injeksi air ditingkatkan dan laju alir minyak meningkat. Pada sumur Zrd 42 (Gambar 4.8) , Zrd 127 (Gambar 4.9) terjadi penurunan tekanan sumur meskipun laju injeksi air ditingkatkan dan laju alir minyak menurun. Pada sumur Zrd 128 (Gambar 4.10) terjadi stabilnya

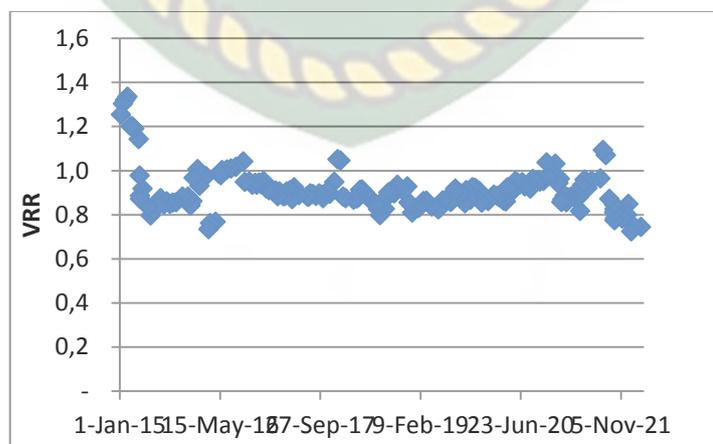
tekanan dan saat laju injeksi air ditingkatkan tekanannya naik dari 140 Psi menjadi 150 psi dan laju alir minyak meningkat.

Table 1.1 Ringkasan analisa konektivitas sumur

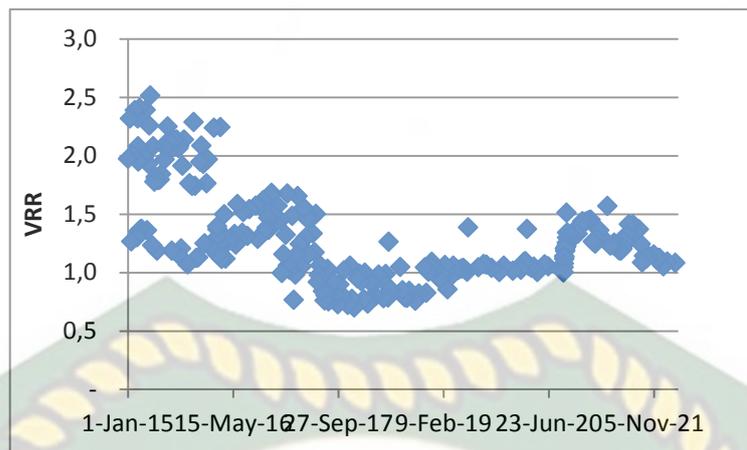
Well Name	Konektivitas
Zrd 18	Good conection
Zrd 21	Good conection
Zrd 26	Poor conection
Zrd 33	Poor conection
Zrd 8	Good conection
Zrd 42	Poor conection
Zrd 127	Poor conection
Zrd 128	Good conection

4.3 Analisa Voidage Replacement Ratio

Pada lapangan kuantan untuk sektor Northblue dan sektor Southblue dilakukan analisa VRR berdasarkan perbandingan volume fluida injeksi terhadap volume fluida produksi yang bertujuan untuk mengetahui respon laju produksi dan tekanan reservoir akibat adanya injeksi air. Dari teori VRR tersebut dikembangkan bahwa jika nilai VRR lebih dari 1 maka disimpulkan bahwa injeksi tersebut sudah dapat memberikan peningkatan tekanan reservoir.



Gambar 4.12 Rasio perbandingan injeksi dan produksi (VRR) sektor Northblue



Gambar 4.13 Rasio perbandingan injeksi dan produksi (VRR) sektor Southblue

Pada Gambar 4.12 dapat diketahui Secara rata-rata VRR sektor Northblue sudah optimal ($VRR=1$) dan Gambar 4.13 sektor Southblue ($VRR=1,3$). Dimana kedua sektor tersebut VRR-nya sudah menandakan penginjeksian efektif.

Pada sektor Northblue menunjukkan nilai VRR yang besar pada awal injeksi yaitu pada Januari 2015 sebesar 1,3 ($VRR>1$) yang berarti laju injeksi sudah optimal sehingga laju produksi dapat dioptimasi dapat ditingkatkan. Pada februari 2022 nilai VRR sebesar 0,7 ($VRR<1$) hal ini mengakibatkan tekanan rata-rata di area ini menurun sehingga perlu dilakukan peningkatan laju injeksi yang bertujuan supaya tekanan di are itu tetap terjaga.

Pada sektor Southblue menunjukkan nilai VRR yang besar pada awal injeksi pada Januari 2015 yaitu sebesar 2,3 ($VRR>1$) yang berarti laju injeksi sudah optimal. Pada 12 September 2017, 11 November 2017, 12 Desember 2017 dan 14 Februari 2018 nilai VRR sebesar 0,7 ($VRR<1$) berarti nilai VRR mengalami penurunan sehingga mengakibatkan tekanan rata-rata diarea ini mengalami penurunan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Hasil dari surveillance dan monitoring injeksi air pada lapangan Kuantan didapatkan kesimpulannya sebagai berikut :

1. Dari analisis Hall plot mengindikasikan sumur injeksi Zrd 60 sempat terjadi kerusakan formasi tetapi tidak berlangsung lama dan kembali normal sedangkan sumur injeksi Zrd 61 mengindikasikan terjadi water channeling dan kembali normal.
2. Dari analisa konektivitas diperoleh konektivitas sumur injeksi Zrd 60 dengan sumur produksi Zrd 18 dan Zrd 21 bagus, sementara konektivitas sumur injeksi Zrd 60 dengan sumur produksi Zrd 26 dan Zrd 33 tidak bagus. Sedangkan konektivitas sumur injeksi Zrd 61 dengan sumur produksi Zrd 42, 127 tidak bagus dan untuk sumur produksi Zrd 8 dan 128 konektivitasnya dikategorikan bagus.
3. Analisa VRR sektor Northblue didapatkan VRR sebesar 1 dan sektor Southblue 1.3 yang menandakan penginjeksian air sudah efektif.

5.2 SARAN

Berdasarkan analisa surveillance dan monitoring yang telah dilakukan pada lapangan minyak Kuantan, diperlukan analisa lebih lanjut terhadap permasalahan sumur produksi dengan menggunakan metode surveillance yang lainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adelia, R. (2019). *Evaluasi kinerja hydraulic pumping unit untuk meningkatkan laju produksi pada sumur RG-03, RG-05 dan RG-06 di lapangan Z. skripsi-2019.*
- Adhitya, V. S. (2019). *Perbedaan kekuatan tekan diametrikal bahan gips yang diaduk dengan cairan pencampur yang berbeda (laporan penelitian). skripsi-2006.*
- Andalucia, S & Al Hafidz, F. A. (2016). *Analisis Hall Plot Untuk Mengidentifikasi Formation Damage Dan Performance Injeksi Pada Kegiatan Waterflooding Di Lapangan North Rifa Pt. Pertamina Ep Asset 1 Field Ramba. Jurnal Teknik Patra Akademika, 7(2).*
- Cornelius, C., Kasmungin, S., Fattahanisa, A., Tuanaya, I., & Fatturahman, Z. I. (2020, April). *Evaluasi kinerja reservoir injeksi air pada lapisan "X" lapangan "Y". In Prosiding Seminar Nasional Pakar (pp. 1-20).*
- Ginting, M., Tourik, Z., & Rezi, C. (2021). *Surveillance dan Monitoring Injeksi Air di Lapangan "X". Petro: Jurnal Ilmiah Teknik Perminyakan, 10(1).*
- Irvandi, M. (2018). *Analisa kinerja waterflood dalam upaya peningkatan perolehan minyak lapangan "V" blok "A-1" lapisan "Z-600" (Doctoral dissertation, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta).*
- Juwita, M. (2017). *Analisa surveillance dan evaluasi kinerja waterflooding pada lapisan "X" lapangan "Y" PT. Pertamina EP (Doctoral dissertation, UPN "Veteran" Yogyakarta).*
- Kartoatmodjo, I. R. T. *Perencanaan ulang pola injeks waterflood pada struktur "N" di lapangan" MSP" Oleh: Muhammad Satya Pawitra.*
- LEVI, D. P. (2014). *Analisa perhitungan alokasi produksi per lapisan pada lapangan studi Teknik Perminyakan Fakultas Tekonologi mineral Universitas "X" PT. Chevron pacific Indonesia (Doctoral dissertation, UPN "Veteran" Yogyakarta).*
- PARNELLA, S. (2020). *Surveillance Pressure maintenance dan perencanaan waterflooding pada lapisan "Lower talang akar" lapangan "Southwest betara" Petrochina International jabung Ltd (Doctoral dissertation, Univertsitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta).*

- Pawitra, M. S. (2017). *Perencanaan ulang pola injeksi waterflood pada struktur. skripsi-2016.*
- Perkasa, A. I. (2017). *Evaluasi hasil surveillanace dan monitoring terhadap injeksi air pada Lapangan. skripsi-2015.*
- Putra, D.A. (2017). *Evaluasi dan monitoring injeksi air pada lapisan c di Lapangan Y. SKRIPSI-2016.*
- SANTIGI, H. (2013). *Analisa produksi surveillanace dan monitoring pilot waterflood lapangan "X" zona "Y" Pertamina EP Jakarta (Doctoral dissertation, UPN" Veteran" Yogyakarta).*
- Setya, A. (2017). *Usulan penerapan preventive maintenance dengan pendekatan FMEA dan simulasi monte carlo pada unit produksi pelumas Jakarta PT. Pertamina (Persero). skripsi-2013.*
- SURYO R, R. R. (2018). *Analisa kinerja waterflood dalam upaya peningkatan perolehan minyak pada blok 4 lapangan Petra (Doctoral dissertation, Universitas Pembangunan Nasional" Veteran" Yogyakarta).*
- Tejaasih, I. (2019). *Usulan perbaikan tata letak lantai produksi door frame di PT. Aisin Indonesia dengan Dynamic Layout Algoritma Quadratic Assignment Problem (QAP). skripsi-2005.*
- Valonia, E. (2019). *Perbedaan kekasaran permukaan gips pada tiga tipe bahan gips yang berbeda (laporan penelitian). skripsi-2008.*
- Kasmungin, S., & Pudyastuti, K. (2019). *Analisis konektivitas dan pendingin sumur di lapangan panas bumi yanara berdasarkan uji rekam jejak (tracer test). skripsi-2019.*
- Pratama Liga Kusuma, G.U.M.E.L.A.R. (2017). *Evaluasi konektivitas sumur injeksi air sumur produksi pada lapangan "X" reservoir "Y" PT Pertamina EP asset 5 Sangatta (Doctoral dissertation, UPN" Veteran" Yogyakarta).*
- Hamdi, R. (2016, April). *Evaluasi Waterflood Zona 560 dan Zona 660 Lapangan "X" Menggunakan Ofm pada Tahun 1984-2005.* In prosiding seminar nasional cendekiawan.

- Alida, R., & Juliansyah, O. (2016). *Analisa kinerja injeksi air dengan metode voidage replacement ratio di PT.Pertamina EP asset 1 field Ramba*. Jurnal Teknik Patra Akademika, 7(01), 41-48.
- Mandasari, S. (2016). *Surveillance, monitoring, dan analisis produksi untuk memperkirakan kinerja injeksi air zona 600 blok*. skripsi-2016.
- Merina, R. (2021). *Prediksi kinerja injeksi air pada reservoir karbonat menggunakan metode Hall plot dan metode voidage replacement ratio (VRR)*. kocenin serial konferensi (E) ISSN: 2746-7112, 2(1), 1-9.
- Pradana, F. (2014). *Analisis voidage replacement ratio untuk optimasi kinerja injeksi air pada lapisan K-1 di region I lapangan Z*. skripsi-2013.

