

## LAPORAN SKRIPSI

### STUDY PERKIRAAN KINERJA WATERFLOODING PADA LAPANGAN X MENGGUNAKAN METODE BUCKLEY LEVERETT DAN DYKSTRA-PARSON



Dokumen ini adalah Arsip Milik :  
**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM RIAU  
PEKANBARU  
2022

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Febri Aidira  
NPM : 153210153  
Program Studi : Teknik Perminyakan  
Judul Skripsi : Study perkiraan kinerja *waterflooding* pada lapangan x menggunakan metode buckley leverett dan Dykstra-Parson

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

Pembimbing : Fitrianti, S.T., M.T. (.....)  
Pengaji : Richa Melysa S.T., M.T. (.....)  
Pengaji : Neneng Purnamawati S.T., M.Eng (.....)

Diterapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 13 Mei 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 di dalam 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, Mei 2022

Febri Aidira  
NPM 153210153

Dokumen ini adalah Arsip Milik :

**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

## KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa 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 Pertambangan, 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 terima kasih kepada:

1. Ibunda tercinta Aida Anggraini atas segala doa dan kasih sayang, dukungan moril dan materil yang diberikan sampai penyelesaian tugas akhir.
2. Terimakasih kepada istri tercinta Yawaritsa yang selalu mensupport dan mendoakan untuk bisa menyelesaikan tugas akhir
3. Ibu Fitrianti S.T M.T selaku Dosen Pembimbing yang menyediakan waktu, tenaga, pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak M Ariyon, S.T., M.T. selaku Pembimbing Akademik yang memberikan arahan, nasihat, penyemangat menjalani perkuliahan di Teknik Pertambangan.
5. Ketua dan Sekretaris Prodi serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan, dan dukungan yang telah diberikan.
6. Sahabat JKKP 69 serta teman-teman seperjuangan angkatan 2015 teknik pertambangan.

Teriring doa saya, semoga Allah memberi balasan atas kebaikan semua pihak yang membantu. Semoga tugas akhir membawa manfaat bagi ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, Mei 2022

Febri Aidira

## DAFTAR ISI

STUDY PERKIRAAN KINERJA WATERFLOODING PADA LAPANGAN X MENGGUNAKAN METODE BUCKLEY LEVERETT DAN DYKSTRA-PARSON .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR SIMBOL .....	ix
ABSTRAK .....	x
ABSTRACT .....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN.....	3
1.4 BATASAN MASALAH .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 WATERFLOODING.....	4
2.2 MEKANISME KERJA WATERFLOODING .....	6
2.3 METODE BUCKLEY LEVERETT .....	8
2.4 METODE DYKSTRA-PARSONS .....	8
2.5 PERSAMAAN FRACTIONAL FLOW.....	8
2.6 HETEROGENITAS RESERVOIR .....	9
2.7 STATE OF THE ART.....	9
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	11
3.1 METODE PENELITIAN .....	11
3.2 FLOW CHART .....	12
3.3 DATA LAPANGAN .....	13
3.4.1 Properti Dasar Reservoir.....	13

<b>3.4.2 Fluid Properties .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4 LETAK GEOGRAFIS DAN SEJARAH LAPANGAN ZAMRUD ....</b>	<b>14</b>
<b>3.5 GEOLOGI LAPANGAN ZAMRUD .....</b>	<b>15</b>
<b>3.6 JADWAL PENELITIAN.....</b>	<b>16</b>
<b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 PREDIKSI PERFORMA LAPANGAN .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1.1 Metode Analitis Buckley Leverett .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1.2 Metode Analitis Dykstra Parson.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Metode Buckley Leveret dengan metode Dykstra Parson.....</b>	<b>27</b>
<b>4.2 ANALISIS HASIL PERHITUNGAN .....</b>	<b>27</b>
<b>4.2.1 Metode Buckley Leveret .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2.2 Metode Dykstra Parson .....</b>	<b>28</b>
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>30</b>
<b>5.1 KESIMPULAN .....</b>	<b>30</b>
<b>5.2 SARAN .....</b>	<b>30</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>31</b>



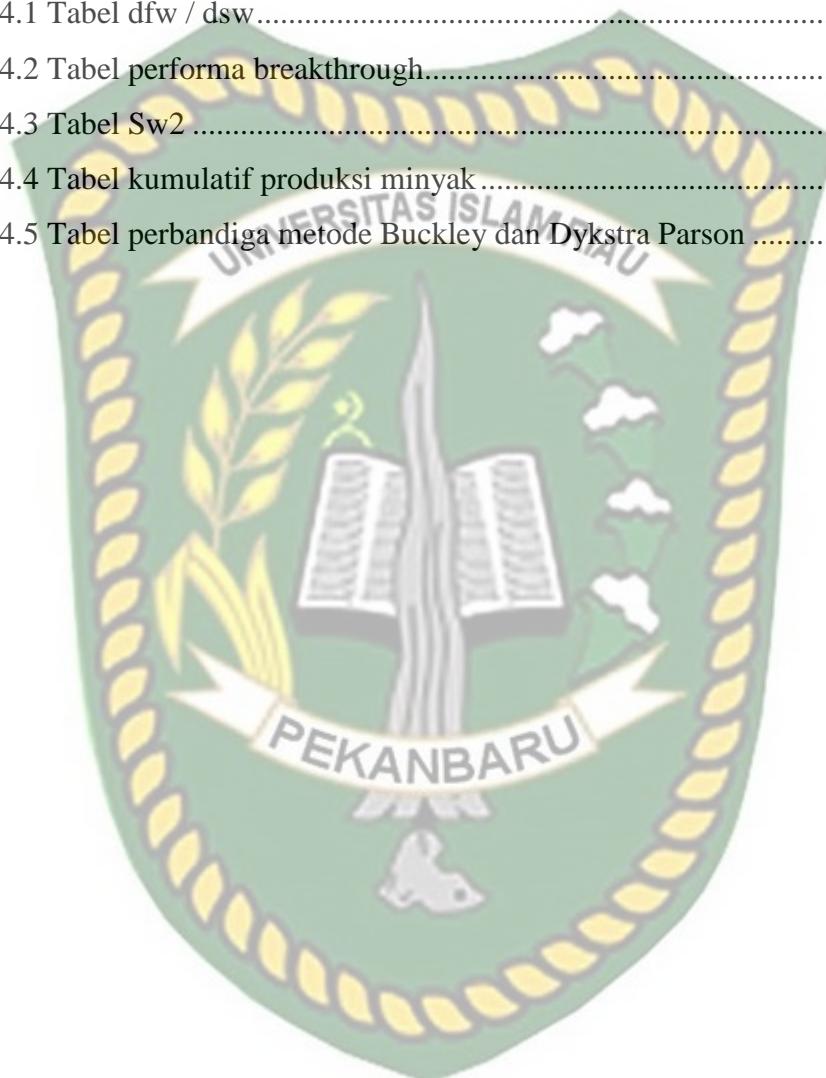
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mekanisme <i>Waterflooding</i> . (Alida & Juliansyah, 2016) .....	11
Gambar 2.2 Pola <i>Waterflood five spot</i> (Asadollahi, 2012) .....	11
Gambar 4.1 Grafik kolerasi kro/krw vs sw .....	20
Gambar 4.2 Kurva fractional flow .....	20
Gambar 4.3 Grafik nilai swbt & fw .....	22
Gambar 4.4 Grafik performa sebelum breakthrough .....	23
Gambar 4.5 Grafik performa sebelum dan sesudah breakthrough.....	24
Gambar 4.6 Grafik nilai swbt & fw .....	25
Gambar 4.7 Grafik derivative .....	26
Gambar 4.8 Grafik EVBT .....	27
Gambar 4.9 Grafik performa sebelum dan setelah breakthrough .....	28



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Waktu Penelitian .....	17
Tabel 3.2 Properti Reservoir .....	17
Tabel 3.3 Fluid properties .....	17
Tabel 4.1 Tabel dfw / dsw .....	21
Tabel 4.2 Tabel performa breakthrough.....	23
Tabel 4.3 Tabel Sw2 .....	26
Tabel 4.4 Tabel kumulatif produksi minyak .....	28
Tabel 4.5 Tabel perbandingan metode Buckley dan Dykstra Parson .....	28



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

## DAFTAR SIMBOL



$aeb_{sw}$	= hasil Plot data rasio permeabilitas relatif dengan saturasi air
$\frac{df_w}{dsw}$	= Nilai slope $f_w$ vs $S_w$
Edbt	= efisiensi <i>displacement</i> saat <i>breakthrough</i>
$f_w$	= <i>Fractional flow water</i>
$f_{wbt}$	= <i>Watercut</i> pada saat <i>breakthrough</i>
Kro	= Permeabilitas relatif minyak
Krw	= Permeabilitas Relatif Air
$M$	= Mobilitas rasio
NP	= Kumulatif produksi minyak
NS	= Jumlah minyak di reservoir pada saat awal <i>waterflood</i>
$PV$	= Volume Pori
Qibt	= volume pori dari injeksi air saat <i>breakthrough</i>
$S_w$	= Saturasi Air
$S_{wf}$	= Saturasi air pada saat <i>Front</i> / pada saat awal <i>breakthrough</i>
$S_{wbt}$	= Saturasi air pada saat <i>breakthrough</i>
Wibt	= kumulatif injeksi air saat <i>breakthrough</i>
Winj	= Kumulatif Injeksi air
$t_{BT}$	= Waktu yang diperlukan hingga mencapai <i>breakthrough</i>
$WOR_s$	= WOR pada saat <i>breakthrough</i>
$\mu_w$	= Viskositas Air
$\mu_o$	= Viskositas minyak

**STUDY PERKIRAAN KINERJA WATERFLOODING  
PADA LAPANGAN X MENGGUNAKAN METODE BUCKLEY  
LEVERETT DAN DYKSTRA-PARSON**

**FEBRI AIDI RA  
NPM 153210153**

**ABSTRAK**

Terjadinya penurunan produksi minyak merupakan faktor alamiah akibat berkurangnya energi dari suatu reservoir sehingga berdampak pada perolehan penurunan laju alir produksi yang dihasilkan. Maka oleh sebab itu diperlukan upaya peningkatan untuk mempertahankan serta meningkatkan produktifitas sumur produksi. Adapun upaya yang dilakukan pada penelitian ini berupa *project waterflooding* dengan harapan dapat menjaga tekanan reservoir serta meningkatkan *recovery factor*. Namun, akan tetapi *waterflooding* yang dilakukan memiliki beberapa kendala seperti adanya *water breakthrough*. Maka oleh sebab itu untuk memperkirakan performa *waterflooding* pada penelitian ini menggunakan metode Dykstra-Parson dan Buckley Leverett. Mekanisme kerja dari metode ini ialah *immiscible fluid displacement* dan menggambarkan perilaku saturasi pada sistem radial dan *five-spot*. Dykstra-Parson mengembangkan asumsi untuk menghitung perilaku dari suatu reservoir seperti : aliran *linier*, *sliquid incompresible* yaitu aliran dua fasa dimana minyak didesak oleh air, pendesakan piston pada *front*, tiap lapisan horizontal mempunyai permeabilitas sama, semua lapisan mempunyai kesamaan dalam porositas; saturasi mula-mula; dan saturasi tersisa, batas antar lapisan tidak diinjinkan aliran melintang (yaitu aliran dalam 1 dimensi dari injektor ke *producer*), laju injeksi konstan dan kecepatan injeksi di *front* sebanding dengan permeabilitas absolut dari lapisan dan nilai akhir dari mobilitas rasio. Hasil yang diperoleh dapat memperkirakan waktu terjadinya *breakthrough* serta perkiraan kumulatif produksi dan *Recovery Factor*. Berdasarkan dari hasil perhitungan diketahui pada sumur Zamrud 38 terjadi *water breakthrough* pada hari ke-465.82. Adapun kumulatif produksi minyak yang diperoleh dengan metode Buckley Leveret 1009 MSTB dan metode Dykstra-Parson sebesar 993 MSTB.

**Kata kunci:** *Waterflooding*, *breakthrough*, Buckley Leveret & Dykstra-Parson.

# **STUDY OF WATERFLOODING PERFORMANCE ESTIMATION IN FIELD X USING BUCKLEY LEVERETT AND DYKSTRA-PARSON METHODS**

**FEBRI AIDIRA  
NPM 153210153**

## **ABSTRACT**

The occurrence of a decrease in oil production is a natural factor due to reduced energy from a reservoir so that it has an impact on the acquisition of a decrease in the resulting production flow rate. Therefore, it is necessary to increase efforts to maintain and increase the productivity of production wells. The efforts made in this study were in the form of a *waterflooding* project in the hope of maintaining reservoir pressure and increasing the recovery factor. However, the *waterflooding* carried out has several obstacles, such as the presence of water breakthrough. Therefore, to estimate the *waterflooding* performance in this study, the Dykstra-Parson and Buckley Leverett methods were used. The working mechanism of this method is immiscible fluid displacement and describes the saturation behavior in radial and five-spot systems. Dykstra-Parson developed assumptions to calculate the behavior of a reservoir such as: linear flow, incompressible liquid i.e. two-phase flow in which oil is pushed by water, piston pressure on the front, each horizontal layer has the same permeability, all layers have the same porosity; initial saturation; and saturation remaining, boundary between layers not allowing for transverse flow (i.e. flow in 1 dimension from injector to producer), injection rate constant and injection velocity in front proportional to absolute permeability of layer and final value of mobility ratio. The results obtained can estimate the time of breakthrough as well as estimates of cumulative production and Recovery Factor. Based on the calculation results, it is known that in the Emerald 38 well there was a water breakthrough on the 465.82 day. The cumulative oil production obtained by the Buckley Leveret method is 1009 MSTB and the Dykstra-Parson method is 993 MSTB.

**Keyword :** *Waterflooding, breakthrough, Buckley Leveret & Dykstra-Parson.*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Penurunan laju produksi pada suatu lapangan minyak merupakan suatu hal yang alami terjadi. Produksi minyak yang dilakukan secara kontinu mengakibatkan laju produksi yang semakin menurun dan mengakibatkan turunnya tekanan reservoir (Fitrianti, Lubis, Arief, & Prabu, 2014) produksi minyak pada terbagi menjadi tiga tahap yaitu, *primary recovery*, *secondary recovery* dan *tertiary recovery* (Tetegan, Lawal, & Tendo, 2015) dalam upaya peningkatan perolehan kearah yang lebih optimal, diperlukan suatu usaha untuk menerapkan produksi tahap lanjut, salah satunya dengan melakukan operasi *waterflooding*.

*Waterflooding* merupakan teknik pemulihan sekunder yang digunakan untuk meningkatkan perolehan minyak dari reservoir untuk mencapai pemulihan minyak maksimum dalam kondisi ekonomis. (Hamdy A, Samir M, Mohamed K, & El-hoshoudy AN, 2019) *Waterflood* juga banyak diterapkan sejak hari pertama produksi jika terjadi penurunan tekanan yang sangat cepat. Sejauh ini injeksi air merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk meningkatkan *recovery* minyak, terlepas dari banyaknya karakteristik reservoir yang menguntungkan ada juga beberapa karakteristik reservoir yang merugikan, misalnya tingkat heterogen reservoir khususnya nilai permeabilitas yang tinggi, hal ini berdampak buruk pada injeksi air, nilai permeabilitas yang sangat tinggi mengganggu efek penyapuan minyak (Alhuthali, Oyerinde, & Akhil, 2007) Kontrol kesesuaian *waterflood* terhadap heterogenitas reservoir merupakan tantangan umum pada suatu lapangan minyak (Thrasher, et al., 2016). Perlunya studi tentang perkiraan *waterflooding* yang komprehensif berdampak pada keberhasilan kinerja *waterflood* secara teknis dan ekonomis.

Ada banyak metode untuk memperkirakan recovery *waterflooding* yang memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing, salah satunya dengan metode Dykstra-Parson yang merupakan metode klasik yang diperkenalkan pada tahun

1950 dan metode Buckley Leverett, mekanisme kerja dari metode ini ialah immiscible fluid displacement dan menggambarkan perilaku saturasi pada sistem radial dan five-spot. Data yang dibutuhkan adalah data kurva *relative permeability* dan saturasi fluida. Adapun metode ini memiliki asumsi alirannya satu arah, homogen dan menggunakan persamaan fractional flow.

Dykstra-Parson mengembangkan asumsi untuk menghitung perilaku dari suatu reservoir adalah : aliran linier, sliquid incompresible yaitu aliran dua fasa dimana minyak didesak oleh air, pendesakan piston pada front, tiap lapisan horizontal mempunyai permeabilitas sama, semua lapisan mempunyai kesamaan dalam porositas; saturasi mula-mula; dan saturasi tersisa, batas antar lapisan tidak diijinkan aliran melintang (yaitu aliran dalam 1 dimensi dari injektor ke producer), laju injeksi konstan dan kecepatan injeksi di front sebanding dengan permeabilitas absolut dari lapisan dan nilai akhir dari mobilitas rasio. Pada penelitian ini, peneliti melakukan Perkiraan kinerja *waterflooding* dengan menggunakan metode Buckley Leverett dan Dykstra-Parson pada lapangan x untuk mengetahui kapan terjadinya *water breakthrough* dan perkiraan *recovery factor* yang didapatkan setelah dilakukan *waterflood*. Dengan dilakukannya kombinasi antar dua metode ini hasil yang akan tercapai akan lebih akurat dan memberikan gambaran keberhasilan kinerja *waterflood* yang lebih presisi. Wawasan tentang prediksi ini sangat bermanfaat untuk evaluasi *waterflood*, manajemen reservoir, dan kontrol kesesuaian sumur serta hasil analisis tidak hanya membantu peningkatan kinerja *waterflood* tetapi juga perencanaan EOR di masa mendatang. (Asawapayukkul, et al., 2016).

## 1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut :

1. Melakukan perhitungan perkiraan waktu terjadinya breakthrough menggunakan metode Buckley Leverret dan Dikstra-Parson.
2. Melakukan perhitungan perkiraan kumulatif produksi dan *Recovery Factor* setelah dilakukannya *waterflood*.

### 1.3 MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Dapat menjadi referensi bagi mahasiswa dalam penelitian selanjutnya mengenai perkiraan kinerja *waterflood*.
2. Sebagai referensi perusahaan untuk evaluasi kinerja *waterflood* yang telah dilakukan.

### 1.4 BATASAN MASALAH

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini melakukan perhitungan dengan menggunakan metode dykstra-parson, tidak membahas tentang metode lainnya dan tidak melakukan simulasi numerik.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Dalam aspek kehidupan agama islam mewajibkan untuk terus belajar dan menuntut ilmu sebagai bekal di dunia dan akhirat. Terkait dengan menuntut ilmu Allah SWT berfirman dalam surat Al-Jasiyah ayat 29 yang artinya;

Inilah Kitab (catatan) Kami yang menuturkan kepadaMu dengan sebenar-benarnya. Sesungguhnya Kami telah menyuruh mencatat apa yang telah kamu kerjakan” (QS Al-Jasiyah Ayat 29).

Maka berdasarkan ayat di atas secara tegas kita diperintahkan mencatat apa yang sedang kita kerjakan tentu hal ini Allah SWT maha mengetahui kelemahan hamba-hambanya. Seperti sifat pelupa yang kita miliki, maka dengan mencatat apa yang kita kerjakan kelemahan ini dapat diatasi.

#### 2.1 WATERFLOODING

Salah satu tantangan industri perminyakkan adalah mencapai pemulihan maksimum dari reservoir minyak. Energi alami reservoir, pemulihan primer dalam banyak kasus tidak melebihi 20%. Untuk meningkatkan pemulihan, teknik pemulihan sekunder digunakan. Dengan teknik pemulihan sekunder seperti *waterflooding*, pemulihan bertahap mulai dari 15 hingga 25% dapat dicapai. Beberapa teori dan metode telah dikembangkan untuk memprediksi kinerja *waterflood*. Menurut Lekia, (2021) & Kharghoria, et al., (2018), keberhasilan operasi *waterflooding* tergantung pada kondisi efisiensi sapuan yang menguntungkan dan perpindahan yang menguntungkan efisiensi. Efisiensi sapuan sebagian besar merupakan fungsi dari pola banjir yang dipilih dimodifikasi oleh efek gravitasi dan anisotropi dari formasi itu sendiri. Pemindahan efisiensi, tentu saja, adalah nol di daerah reservoir yang tidak tersapu tetapi di wilayah yang disapu itu akan memiliki nilai terbatas yang dikendalikan oleh sejumlah faktor penentu yang dipahami secara samar (Rose, 1957).

*Waterflooding* merupakan salah satu metode perolehan minyak tahap kedua yang dilakukan dengan cara menginjeksikan air ke dalam reservoir, air tersebut akan memberikan tambahan energy pada reservoir, untuk meningkatkan

perolehan minyak yang bergerak dari reservoir menuju ke sumur produksi setelah reservoir tersebut mendekati batas ekonomis produktif melalui perolehan tahap pertama. *Waterflooding* adalah metode peningkatan perolehan minyak yang paling dominan dan, saat ini di Amerik Serikat, sebagian besar produksi minyak (sekitar 50%) diambil dari reservoir yang dilakukan *waterflooding* (Lyons, 1996). Menurut (Muradov, Prakasa, & Davies, 2018) desain pola *waterflood* yang tepat, penempatan sumur dan kontrol heterogenitas berpengaruh pada perolehan minyak dan mengoptimalkan penyapuan dengan memprediksi terjadinya *water breakthrough*. Pada aplikasi pelaksanaan metode *waterflood*, menggunakan pola sumur injeksi dan produksi, hal ini disebabkan oleh air yang memiliki sifat keefektifan untuk dapat mendesak minyak relatif baik untuk berbagai kondisi reservoir jenis batuan dan sifat-sifat fluida-nya. Proses ini disebut mengganti minyak dengan air (*displace oil with water*). menurut Dicgorry, et al., (2015) & Burdakov, et al., (2015), *waterflooding* juga dapat digunakan sebagai *pressure maintenance*.

Adapun tujuan dilakukannya *waterflood* adalah meningkatkan jumlah produksi minyak yang dapat diperoleh dari reservoir. Alasan dilakukannya *Waterflood* sebagai metode tahap lanjut yaitu:

1. Mobilitas pendesakan yang cukup rendah (menguntungkan)
2. Berat kolom air dalam sumur membantu menekan, sehingga dapat mendesak minyak menuju sumur produksi
3. Air (Fluida pendesak) mudah tersebar di dalam reservoir.
4. Efisiensi pendesakan yang baik.

Selama produksi berlangsung tekanan pada reservoir akan berkurang, penurunan tekanan reservoir hingga mencapai nilai *bubble point* mengakibatkan keluarnya gas (komponen hidrokarbon yang lebih ringan dibandingkan dari minyak). Gelembung gas akan membentuk fasa yang berkesinambungan serta mengalir ke arah sumur-sumur produksi, jika saturasinya melampaui harga saturasi equilibrium. Terproduksinya gas ini akan mengurangi tekanan reservoir yang tersedia secara alami untuk memproduksikan minyak, sehingga jumlah minyak yang dapat diproduksikan secara alami dapat berkurang juga. Secara umum dapat dikatakan bahwa penurunan tekanan yang tidak terkontrol memberi

kontribusi terhadap pengurangan produksi minyak. Menurut Iqbal, et al., (2017), *waterflooding* adalah teknik utama untuk memulihkan hidrokarbon di reservoir. Untuk satu pola sumur tertentu (injektor dan produser), pilihan parameter injeksi/produksi seperti tekanan, laju aliran, dan lokasi kondisi batas ini memiliki dampak yang signifikan pada masa operasi sumur (Bruyelle & Guéillot, 2019).

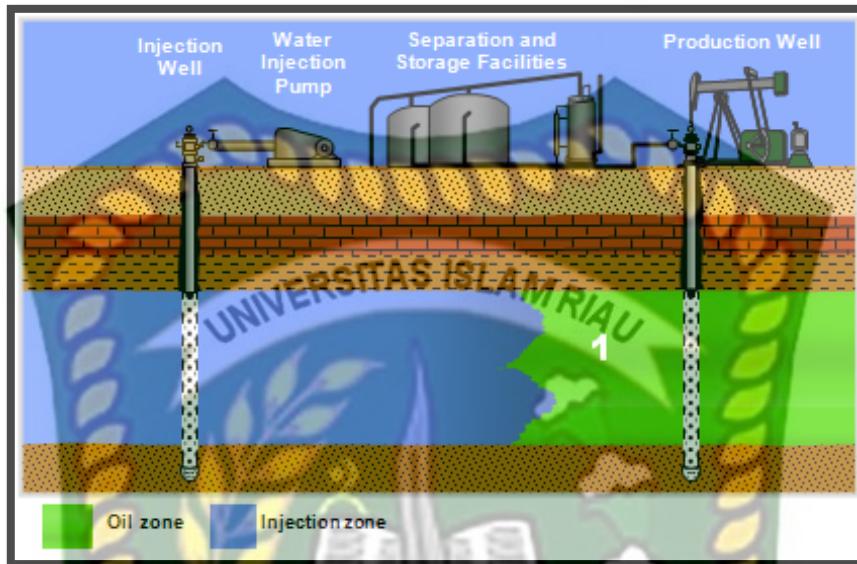
Tujuan dilakukannya *secondary recovery* adalah untuk memperolah minyak yang tersisa di dalam reservoir yang tidak dapat diambil dengan metode *primary recovery*. Dalam pelaksanaan *secondary recovery*, penginjeksian air bertujuan untuk memberikan energi tambahan ke dalam reservoir melalui sumur injeksi. Dan juga air akan mendesak minyak mengikuti jalur-jalur stream line yang dimulai dari sumur injeksi dan berakhir pada sumur produksi. Keberhasilan kinerja *waterflooding* dipengaruhi oleh sifat heterogenitas suatu reservoir yang tepat untuk mempermudah distribusi air yang di injeksikan ke dalam reservoir (Herawati, 2013).

Menurut (Mogollón, Lokhandwala, & Tillero, 2017) dan (Ogbeivi, Aladeitan, & Udebhulu, 2017) air adalah fluida injeksi yang paling umum digunakan untuk membanjiri (*flooding*) atau memberi energi pada reservoir minyak. Meskipun harga minyak mengalami fluktuasi, penggunaan *water injection* terus berlanjut karena ketersediaannya yang luas, biaya yang relatif rendah, dan kemudahan penanganan.

## 2.2 MEKANISME KERJA WATERFLOODING

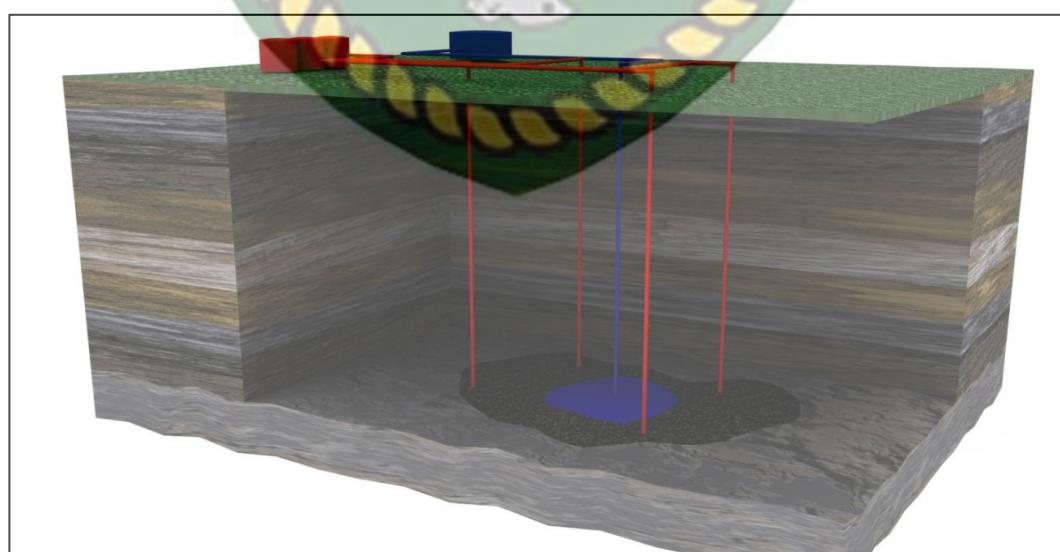
Mekanisme kerja *waterflood* adalah dengan cara menginjeksikan air ke dalam formasi yang berfungsi untuk mendesak minyak menuju sumur produksi, sehingga akan meningkatkan produksi minyak (sebagaimana terlihat pada gambar 2.1). Prinsip kerja *waterflood* memiliki banyak faktor yang harus dipertimbangkan, seperti saturasi air, permeabilitas, saturasi minyak yang tersisa, jenis batuan reservoir, laju injeksi air dan lain-lain, akan tetapi proses ini sangat mudah untuk dipahami. Apabila penginjeksian berada di reservoir yang mengandung batuan lempung, maka perlu dilakukan *water treatment* agar lapisan lempung tidak mudah mengembang. (Alida & Juliansyah, 2016), Menurut Silva, et al., (2017) mekanisme dari *water injection* adalah *displacement*, dimana

*displacement* minyak oleh air akan terjadi ketika dilakukannya *water injection* dan air tidak akan bercampur dengan minyak. Oleh karena itu, air yang diinjeksikan mendorong sisa minyak ke sumur produksi.



**Gambar 2.1** Mekanisme Waterflooding (Alida & Juliansyah, 2016)

Dalam pola *Waterflooding*, injektor didistribusikan di antara produsen dalam beberapa mode berulang. Contoh pola *Waterflooding* yang umum adalah pola *Five spot* yang ditunjukkan pada Gambar 1-8 masing-masing. Pola banjir sangat umum, dan pemilihan jenis pola tergantung pada keadaan di bidang tertentu. (Asadollahi, 2012).



**Gambar 2.2** Pola Waterflood five spot (Asadollahi, 2012).

### 2.3 METODE BUCKLEY LEVERETT

Mekanisme perpindahan Buckley Leverett merupakan metode yang telah di kenal dan digunakan untuk memperkirakan kinerja *waterflood*. (Ling, 2012) mekanisme kerja dari metode ini ialah *immiscible fluid displacement* dan menggambarkan perilaku saturasi pada sistem radial dan *five-spot*. Data yang dibutuhkan adalah data saturasi fluida dan kurva *relative permeability*. Asumsi metode ini adalah alirannya satu arah, homogen dan menggunakan persamaan *fractional flow*.

Ada 3 tahapan untuk menghitung menggunakan metode ini, diantaranya :

1. Tahap Persiapan data.
2. Tahap Performa perolehan sampai *breakthrough*.
3. Tahap Performa perolehan setelah *breakthrough*.

### 2.4 METODE DYKSTRA-PARSONS

Dykstra Parsons mengembangkan metode tentang performa injeksi air pada kondisi reservoir *water drive*. Metode ini dikembangkan untuk system stratifikasi yang cocok digunakan jika dibutuhkan perhitungan cepat untuk memprediksi performa *Waterflood*. Metode ini memerlukan data ketebalan rata-rata dan permeabilitas. Asumsi dan limitasi metode ini yaitu *steady state* dan aliran linier, sistem layer, *sweep efficiency* dan dapat diaplikasikan untuk semua nilai rasio mobilitas serta output dari metode ini adalah laju produksi dan kumulatif produksi minyak serta *recovery factor* (Ahmed, 2000). Pada penelitian ini, referensi dari metode Dykstra-Parson adalah Tarek, Ahmed (2000) dengan type modified Dykstra Parsons (Reynaldi, 2020).

### 2.5 PERSAMAAN FRACTIONAL FLOW

Perpindahan minyak pada media berpori oleh air yang tidak bercampur biasanya dijelaskan dengan menggunakan persamaan *Fractional flow*, dengan menerapkan hukum Darcy secara terpisah untuk aliran minyak dan air, dengan mempertimbangkan parameter viskositas, gravitasi dan efek kapiler didapatkan persamaan *fractional flow* sebagai berikut:

$$f_w = \frac{1 + 0.001127 \frac{kro}{\mu_0} \frac{A}{qt} \left[ \frac{\partial P_c}{\partial L} - \Delta \rho \sin \alpha_d \right]}{1 + \frac{\mu_w K_{rw}}{\mu_0 K_{rw}}} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

A = Luas area ( $\text{ft}^3$ )

$F_w$  = Fraksi aliran air

**K** = Permeabilitas absolut (mD)

Kro = Permeabilitas relatif minyak

Krw = Permeabilitas relatif air

$\mu_0$  = Viskositas minyak

$\mu_w$  = Viskositas air (cp)

L = Panjang jarak aliran

$P_c$  = Tekanan kapiler (psi)

Qt = total laju alir (bbl/day)

$\Delta\rho$  = Perbedaan densitas minyak dan air (gr/cc)

$\alpha_d$  = sudut formasi (derajat)

## 2.6 HETEROGENITAS RESERVOIR

Heterogenitas reservoir didefinisikan sebagai variasi sifat-sifat reservoir dalam dimensi ruang. Idealnya, jika reservoir bersifat homogen, maka pengukuran sifat reservoir di setiap lokasi akan terdeskripsi dengan tepat. Tetapi hampir tidak ada satu reservoir pun yang berkelakuan seperti itu. Sebaliknya sifat heterogenitas hampir selalu terdapat pada semua reservoir.

Pada pinsipnya heterogenitas suatu reservoir memiliki pengaruh terhadap kinerja reservoir. Untuk itu pengukuran tingkat heterogenitas suatu reservoir menjadi salah satu hal penting. Hal ini untuk membantu mempertimbangkan keputusan-keputusan yang akan diambil dalam proses perencanaan maupun pengembangan suatu lapangan minyak (Herawati, 2012).

2.7 STATE OF THE ART

Amrullah, Sugiatmo dan Reno (2017), melakukan suatu penelitian mengenai Kinerja reservoir dengan injeksi air pada *Pattern 8* Lapangan TQL, pada penelitian ini didapatkan hasil perhitungan jarak sumur injeksi dan sumur

produksi sebesar 368 ft waktu yang dibutuhkan untuk *breakthrough* ialah 110 hari dengan kumulatif produksi minyak pada saat *breakthrough* sebesar 7402,927 STB, setelah terjadi *breakthrough* hingga hari terakhir perhitungan produksi minyak kumulatif pada sumur produksi mencapai 156682.38 STB, dan dalam jangka waktu 411 hari *recovery factor* pada *Pattern 8* mencapai 17 persen.

Indah, Taufik dan Ubaidillah (2014) melakukan suatu penelitian mengenai perencanaan injeksi *waterflood* menggunakan metode prediksi buckley leverett dan craig geffen morse pada sumur injeksi di lapisan W3 PT Pertamina EP asset 2 field limau, pada penelitian ini didapatkan hasil *breakthrough* terjadi pada hari ke 126 dengan laju produksi minyak 329 bbl/day dan setelah *breakthrough* hingga hari ke 2405 produksi minyak mencapai 317 hingga 202 bbl/day dan didapat estimate ultimate recovery sebesar 759.026 bbl.

Alida dan Juliansyah (2016), melakukan suatu penelitian mengenai analisa kinerja injeksi air dengan metode *Voidage Replacement Ratio* di PT. Pertamina EP asset 1 field Ramba, pada penelitian ini didapatkan hasil pada area SF-A nilai VRR menunjukkan angka yang stabil di 4,37 ( $VRR > 1$ ) sehingga dapat dikatakan *waterflood* sudah optimal pada area ini, sedangkan pada area SF-B nilai VRR stabil di 0,47 ( $VRR < 1$ ) yang mana jika angka VRR dibawah 1 menunjukkan kinerja *waterflood* belum optimal.

## BAB III

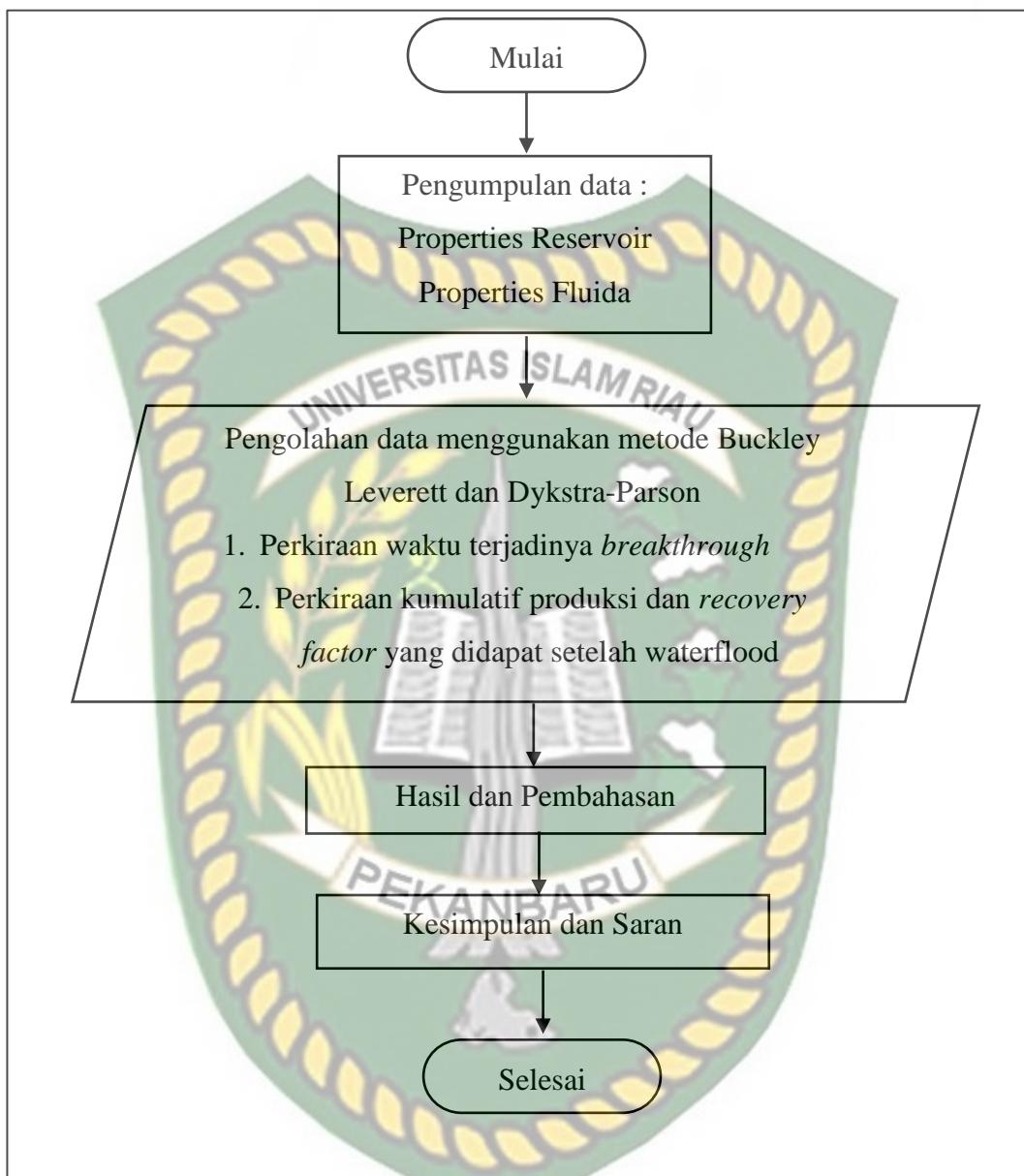
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengumpulkan data yang dibutuhkan untuk melakukan perkiraan kinerja *waterflood*. Metode penelitian dilakukan dengan menggunakan data lapangan x dan ditambah data yang dikumpulkan dari *Paper/Jurnal* dan didukung dengan literatur yang berhubungan dengan topik penelitian berupa buku-buku terkait *waterflood*, jurnal yang relevan dan diskusi dengan dosen pembimbing, nantinya menghasilkan kesimpulan yang merupakan tujuan dari penelitian.

Pada penelitian ini penulis akan melakukan studi perkiraan kinerja *waterflooding* dengan menggunakan metode Buckley Leverett dan Dykstra-Parson, penulis akan melakukan perkiraan kapan waktu terjadinya *breakthrough* dan berapa hasil produksi dan *recovery factor* yang didapat dengan menggunakan *waterflood*, Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah lapangan x.

### 3.2 FLOW CHART



Gambar 3.1 Flow chart penelitian

### 3.3 DATA LAPANGAN

#### 3.4.1 Properti Dasar Reservoir

Karakteristik formasi merupakan faktor yang tidak bisa diubah, sehingga tidak dapat dikontrol. Sifat fisik batuan pada lapangan ZAMRUD disebutkan pada table 3.1

**Tabel 3. 1 Properti Reservoir**

Parameter	Nilai	Satuan
Depth	2830	Ft
Pressure	1300	Psi
Temperature	224	F
Porosity	26	%
Permeability	440	mD
Saturasi Water Initial	0,3	Fraksi
Area, A	100	Acres
Net Thickness, h	35,64	Ft
Injection Rate, Iw	2014	Bbl/day

### 3.4.2 Fluid Properties

Fluida reservoir terdiri dari fluida hidrokarbon dan air formasi. Hidrokarbon sendiri terdiri dari fasa cair (minyak bumi) maupun fasa gas, yang tergantung pada kondisi (tekanan dan temperatur) reservoir yang ditempati. Perubahan kondisi reservoir akan mengakibatkan perubahan fasa serta sifat fisik fluida reservoir. Jenis minyak pada lapangan ZAMRUD tergolong jenis volatile oil. Properti fluida pada lapangan ZAMRUD ditunjukkan pada Tabel 3.2 dibawah ini:

**Tabel 3. 2 Fluid properties**

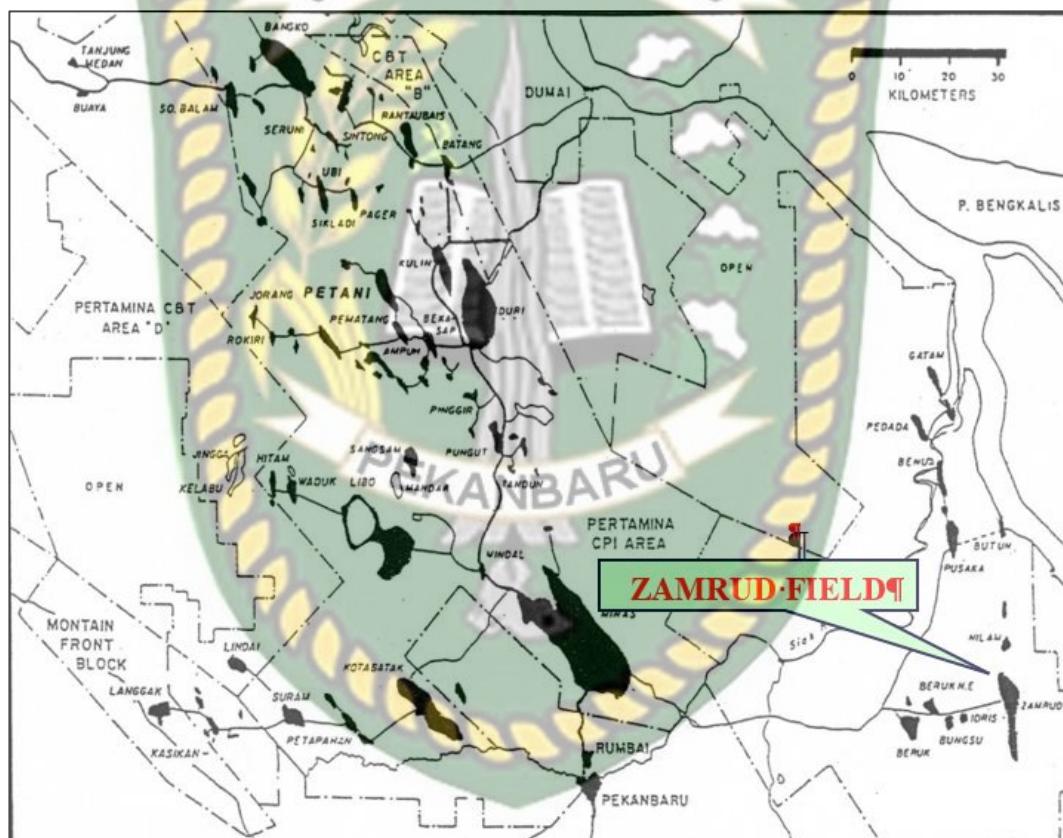
Parameter	Nilai	Satuan
Viskositas Minyak	2,5	cP
Viskositas Air	0.324	cP
Gravity Minyak	40	API
Oil Formation Volume Factor	1,089	Rb/STB
Water Formation Volume Factor	1,0465	Rb/STB

### 3.4 LETAK GEOGRAFIS DAN SEJARAH LAPANGAN ZAMRUD

Lapangan Zamrud merupakan salah satu lapangan minyak yang terletak dalam Block Coastal Plains Pekanbaru (CPP) di Propinsi Riau terletak lebih kurang 90 km sebelah Timur dari Pekanbaru (dapat dilihat pada **Gambar 2.1**). Lapangan ini ditemukan oleh PT. Caltex Pacific Indonesia (CPI) dalam bulan September 1975 atas berhasilnya pemboran sumur ZRD#01. Produksi komersial lapangan ini telah dimulai sejak Maret 1982 dan puncak produksi dicapai pada bulan September 1983 dengan produksi minyak sebesar 40.000 BOPD. Sejak itu produksi minyaknya telah menurun terus dan mencapai 13.500 BOPD pada April 1993. CPI kemudian berusaha meningkatkan produksi minyaknya dengan menerapkan kombinasi dari “*Peripheral Water Injection*” (PWI) dan “*Pattern Waterflooding*” (PWF) yang dimulai sejak bulan Desember 1993.

Kandungan Awal Minyak (OOIP) Lapangan Zamrud diperkirakan sebesar 670.2 MMBL yang merupakan hasil studi PPPTMGB “LEMIGAS” yang dilakukan dalam tahun 2000, terkandung dalam 6 (enam) lapisan yang dinamakan lapisan 2800 Sand, 2830 Sand, 2900 Sand, 2970 Sand, 3050 Sand dan 3120 Sand. Sekitar 76 % dari OOIP tersebut terdapat dalam lapisan 2830 Sand dan 2900 Sand.

Hingga saat ini sekitar 166 sumur telah dibor di Lapangan Zamrud, termasuk sumur-sumur injeksi airnya. Produksi kumulatif minyak pada bulan Agustus 2000 telah mencapai 188,833 MMBBL.



Gambar 3.2 Tempat lokasi lapangan Zamrud

### 3.5 GEOLOGI LAPANGAN ZAMRUD

Lapangan Zamrud termasuk dalam cekungan minyak bumi terbesar dan paling aktif di Indonesia yaitu Cekungan Sumatera Tengah yang menghasilkan sekitar setengah dari produksi minyak bumi Indonesia.

Cekungan ini merupakan cekungan busur belakang (*back-arc basin*) yang berkembang di sepanjang tepi barat dan selatan Paparan Sunda sebagai akibat penunjaman arah N6°E Lempeng Samudera Hindia terhadap Lempeng Benua Eurasia dan termanifestasi sebagai ekspulsi *microplate* Asia Tenggara.

Fenomena pada jaman Kenozoikum Akhir yang menghasilkan Busur Asahan berarah Utara - Timur Laut, dataran tinggi Lampung dan Busur Tigapulu berarah Timur – Timur Laut (Mertosono dan Nayaoan, 1974). Busur dan dataran tinggi ini membatasi Cekungan Sedimenter di Sumatera menjadi Cekungan Utara, Cekungan Tengah dan Cekungan Selatan.

Di Bagian Barat Laut Cekungan Sumatera Tengah dibatasi oleh Busur Asahan, bagian Barat Daya dibatasi Busur Vulkanik dan Pegunungan Barisan, sebelah Tenggara oleh Tinggian Tigapulu dan sebelah Timur Laut berbatasan dengan Paparan Sunda/Selat Malaka (Heindrick dan Aulia, 1993 ; dilihat pada Gambar 2.3).



Gambar 3.3 Kerangka Tektonik Cekungan Sumatera<sup>2</sup>

### 3.6 JADWAL PENELITIAN

Dalam penelitian ini peneliti melakukan penelitian dimulai pada bulan November, langkah awal penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan literatur yang relevan untuk dijadikan referensi kemudian melakukan simulasi pada bulan Desember. Simulasi ini ditargetkan akan selesai pada awal bulan Januari dan dilanjutkan dengan analisis hasil simulasi berikut jadwal penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1

Jenis Kegiatan	Waktu Pelaksanaan (Minggu)											
	Maret 2021				April 2021				Mei 2022			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur												
Seminar Proposal												
Pengumpulan Data dan Pengolahan data												
Hasil dan Pembahasan												

Tabel 3.1 Waktu penelitian

## BAB IV

# PEMBAHASAN

Pada bab keempat ini akan dijelaskan mengenai hal-hal apa saja yang dihasilkan dari penelitian yang dilakukan. Pembahasan yang dijabarkan pada bab ini meliputi overview lapangan, karakteristik reservoir, screening criteria dan prediksi performa lapangan menggunakan metode Buckley Leverett dan Dyskstra Parson.

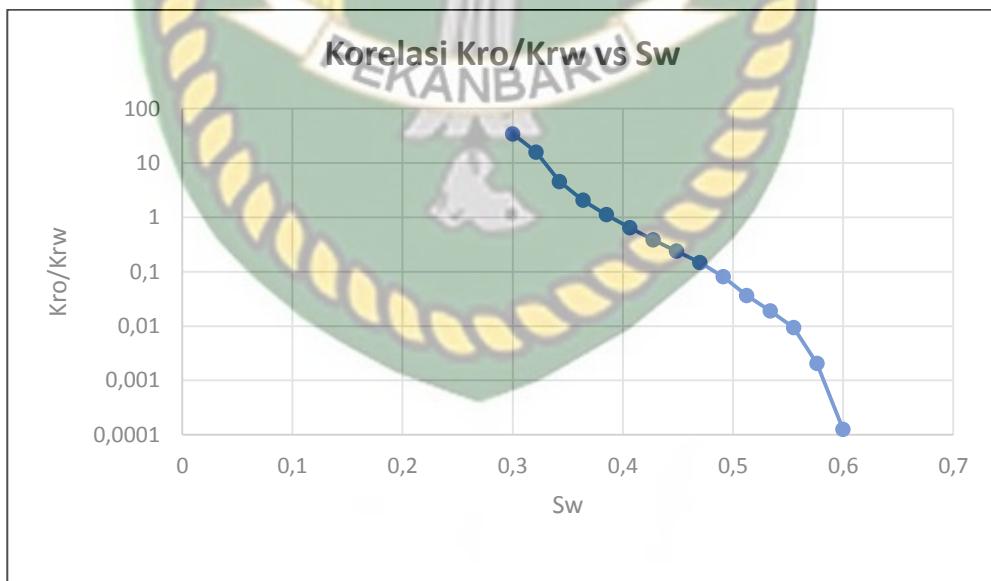
## 4.1 PREDIKSI PERFORMA LAPANGAN

#### 4.1.1 Metode Analitis Buckley Leverett

Prediksi performa menggunakan metode ini memiliki tiga tahap yaitu persiapan data, performa hingga *breakthrough* dan performa setelah *breakthrough*.

Berikut ini merupakan tahap persiapan data menggunakan metode Buckley Leverett:

- ### 1. Plot data kro/krw vs sw pada skala semi-log

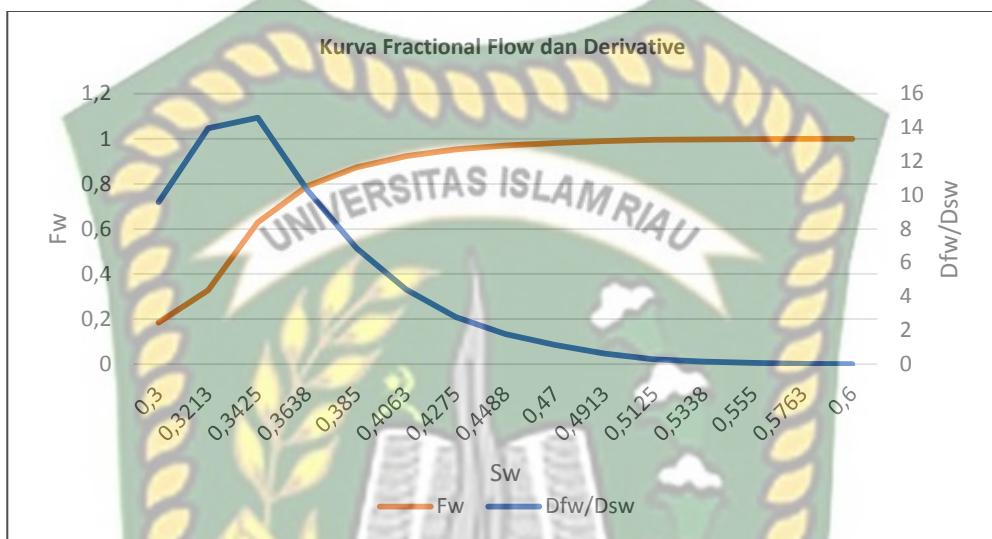


**Gambar 4.1** Grafik kolerasi kro/krw vs sw

- ## 2. Menghitung nilai Kro/Krw

3. Menghitung nilai fw untuk setiap nilai Sw

4. Plot kurva antara  $S_w$  dan  $f_w$ ,  $d_f w$  &  $dS_w$



**Gambar 4.2** Kurva fractional flow dan *derivative*

- ### 5. Menghitung dfw/dsw

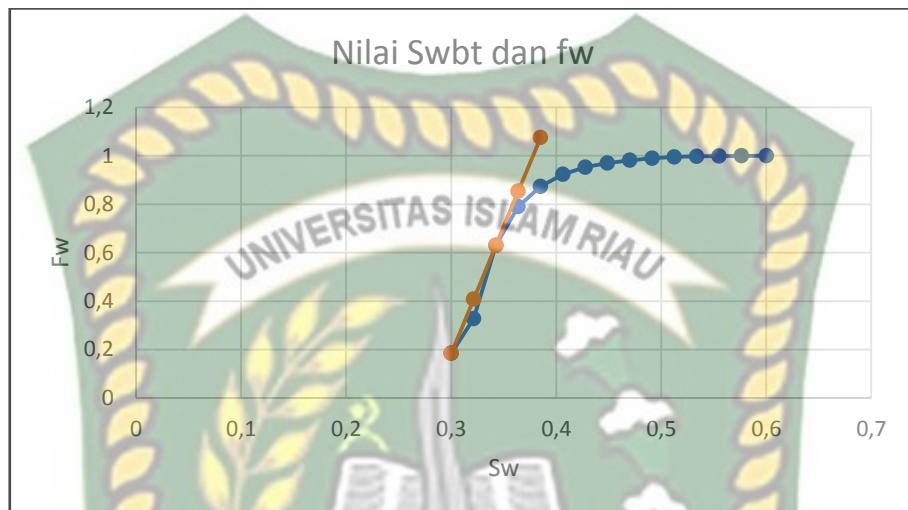
**Tabel 4.1** Tabel dfw / dsw

<b>Sw</b>	<b>Kro/Krw</b>	<b>Fw</b>	<b>Dfw/dsw</b>
<b>0,3</b>	34,08	0,184612	9,589141
<b>0,3213</b>	15,79669	0,328165	13,96462
<b>0,3425</b>	4,5363	0,629761	14,59295
<b>0,3638</b>	2,049437	0,790135	10,31288
<b>0,385</b>	1,118734	0,873372	6,855605
<b>0,4063</b>	0,645036	0,922853	4,404785
<b>0,4275</b>	0,38437	0,952549	2,793153
<b>0,4488</b>	0,237258	0,970169	1,787251
<b>0,47</b>	0,147474	0,981246	1,135929
<b>0,4913</b>	0,080214	0,989711	0,628354
<b>0,5125</b>	0,036313	0,995316	0,287622
<b>0,5338</b>	0,018974	0,997547	0,150947
<b>0,555</b>	0,009373	0,998787	0,074749

<b>0,5763</b>	0,002061	0,999733	0,016464
<b>0,6</b>	0,000125	0,999984	0,000999

Berikut merupakan rangkuman perhitungan preforma injeksi air sebelum breakthrough:

- ### 1. Plot kurva fractional flow antara $S_w$ dan $f_w$



**Gambar 4.3** Grafik nilai swbt & fw

2. Berdasarkan gambar 4.3 didapat data sebagai berikut:

Swf = 0,3425

$$Swbt(\text{AVG}) = 0,4036$$

Fwbt = 0,62976

3. Menghitung volume pori dari injeksi air saat breakthrough (Qibt).

4. Menghitung kumulatif injeksi air saat breakthrough (Wibt).

5. Menghitung efisiensi *displacement* saat breakthrough (EDbt)

- ## 6. Menghitung waktu *breakthrough*

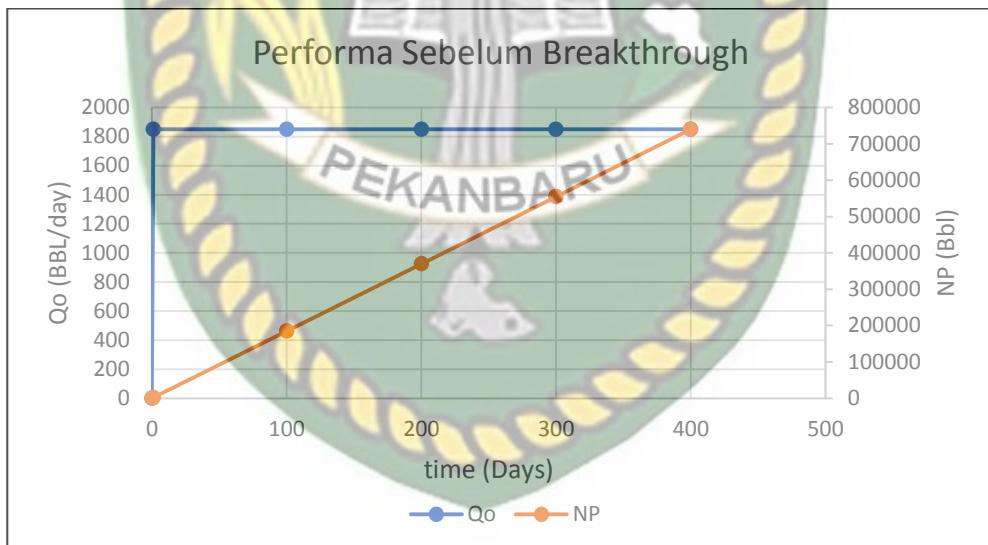
- ## 6. Menghitung WORs pada saat *breakthrough*

## 7. Tabel performa *breakthrough*

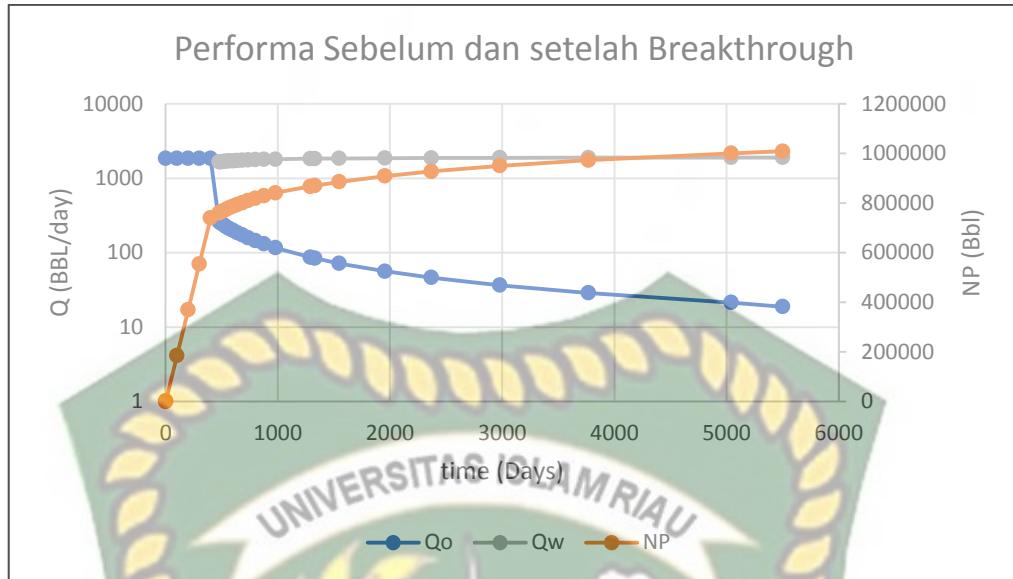
**Tabel 4.2** Tabel performa *breakthrough*

T (days)	Winj (bbl)	Qo (Bbl/d)	WOR	Wp	NP
0	0	0	0	0	0
1	2014	1849,403	0	0	1849,403
100	201400	1849,403	0	0	184940,3
200	402800	1849,403	0	0	369880,6
300	604200	1849,403	0	0	554820,9
400	805600	1849,403	0	0	739761,2

Berikut pada gambar 4.4 dan 4.5 merupakan performa sebelum dan setelah *breakthrough*.



**Gambar 4.4** Grafik performa sebelum *breakthrough*



**Gambar 4.5** Grafik performa sebelum dan sesudah *breakthrough*

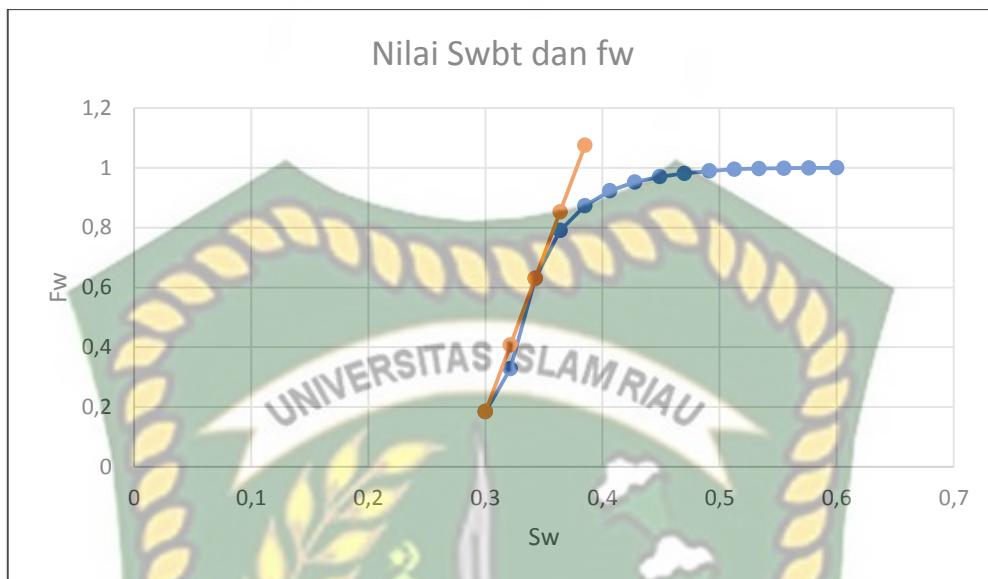
#### **4.1.2 Metode Analitis Dykstra Parson**

Prediksi performa menggunakan metode ini dibagi menjadi tiga tahap yaitu, perhitungan awal, performa ke breakthrough dan performa setelah breakthrough.

Berikut merupakan perhitungan awal menggunakan metode Dykstra Parsons:

1. Menghitung volume pori dan volume minyak saat injeksi dilakukan.

2. Plot fw vs sw pada skala kartesian



**Gambar 4.6** Grafik nilai Swbt & fw

3. Berdasarkan Gambar 4.7 didapat data sebagai berikut:

$$Swf = Swbt = 0,3425$$

$$F_{wf} = f_{wfbt} = 0,6298$$

Swbt(avg) = 0,4035

(dfw/dSw)swf = 7,663

4. Menghitung kro dan krw saat Swi dan Swbt(avg)

Kro @ Sw 0,3 = 0,3408

Krw @ Sw 0.4035 = 0.185

## 5. Menghitung rasio mobilitas M

6. Dari Gambar 4.6 didapatkan nilai

$$a = 31,6342$$

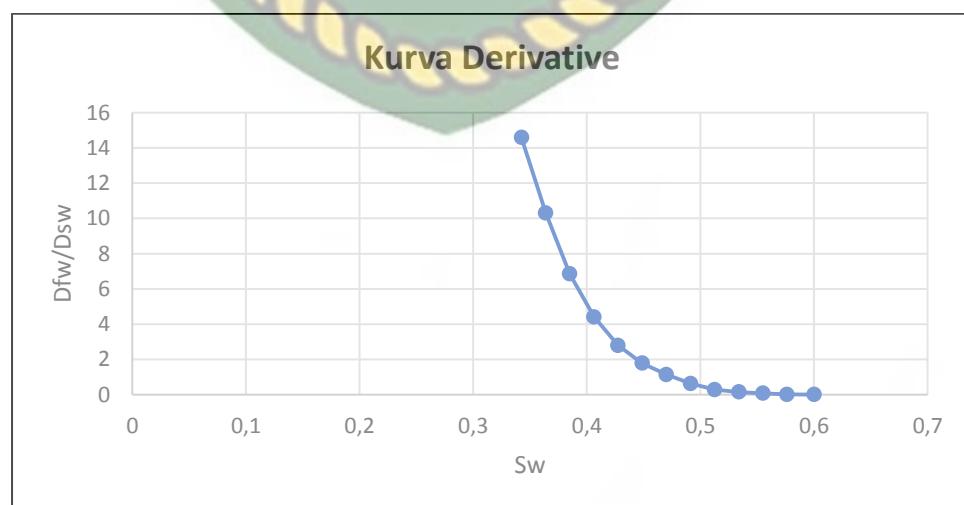
$$b = -61,681$$

7. Memilih  $S_w^2$  dari  $S_w b$  hingga  $1-S_w$

**Tabel 4.3 Tabel  $S_w$**

$S_w$	$F_w$	$D_f w/d_s w$
0,3425	0,629761	14,59295
0,3638	0,790135	10,31288
0,385	0,873372	6,855605
0,4063	0,922853	4,404785
0,4275	0,952549	2,793153
0,4488	0,970169	1,787251
0,47	0,981246	1,135929
0,4913	0,989711	0,628354
0,5125	0,995316	0,287622
0,5338	0,997547	0,150947
0,555	0,998787	0,074749
0,5763	0,999733	0,016464
0,6	0,999984	0,000999

8. Plot  $d_f w/d_s w$  vs  $S_w$



**Gambar 4.7 Grafik derivative**

Berikut merupakan tahapan perhitungan performa Injeksi Air ke *Breakthrough*:

1. Menghitung volume pori dari injeksi air saat *breakthrough*

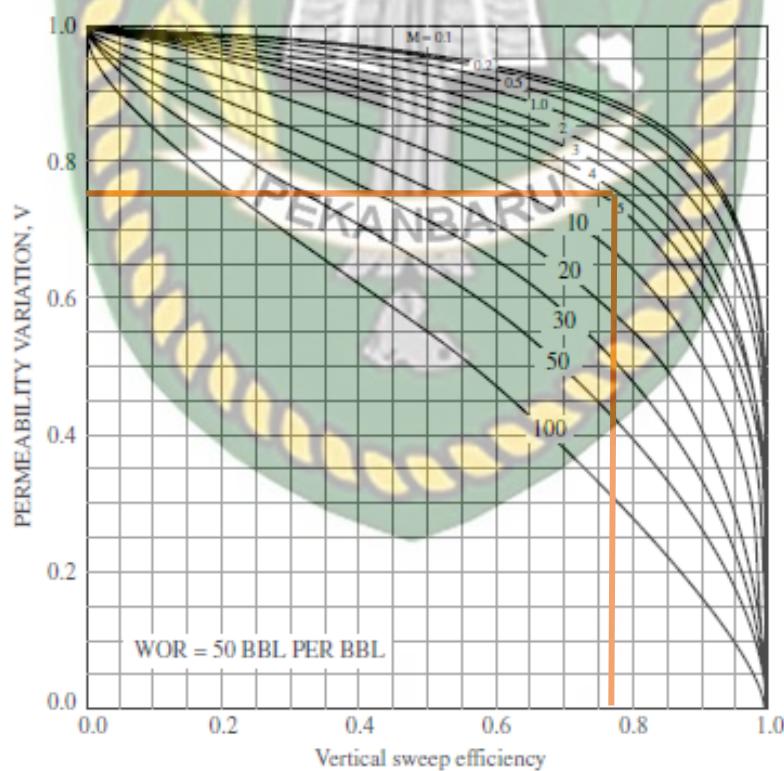
2. Menghitung kumulatif injeksi air saat *breakthrough* (Wibt)

- ### 3. Menghitung laju injeksi air ke breakthrough Iw.

- #### 4. Menghitung efficiency vertikal saat *breakthrough* (EVBT)

Variasi permeabilitas (Vdp) = 0.75

Rasio Mobilitas (M) = 4,187



**Gambar 4.8** Grafik EVBT

Berdasarkan Gambar 4.16 maka didapatkan nilai efisiensi vertikal saat *breakthrough* EVBT = 0.785

5. Menghitung *efficiency* pendesakan saat *breakthrough* EDBT.

- ## 6. Menghitung Kumulatif produksi minyak

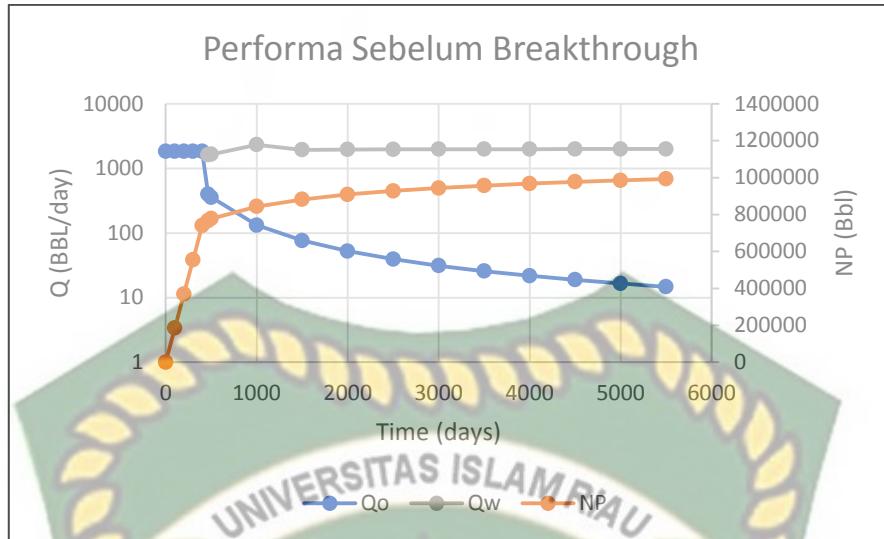
(DP) Newly = Eλ

$$WOrs = \frac{Fw2(1-(DP)Newly)}{1-(Fw2(1-(DP)Newly)} x \frac{Bo}{Bw} .....(21)$$

**Tabel 4.4** Tabel kumulatif minyak

Winj (bbl)	t (days)	NP	Qo	WOrs	Qw	Wp
0	0	0	1849,403	0	0	0
201400	100	184940,312	1849,403	0	0	0
402800	200	369880,624	1849,403	0	0	0
604200	300	554820,936	1849,403	0	0	0
805600	400	739761,248	1849,403	0	0	0

Adapun hasil perhitungan performa sebelum *breakthrough* dapat dilihat pada gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 Grafik performa sebelum *breakthrough*

#### 4.1.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Metode Buckley Leverett dengan metode Dykstra Parson

Tabel 4.5 Tabel perbandingan metode Buckley & Dykstra Parson

Metode	Buckley Leverett	Dykstra Parson
<b>Waktu Breakthrough (days)</b>	465,82	465,82
<b>NP Sebelum Breakthrough (Bbl)</b>	739761,2	739761,2
<b>Qmax (Bbl/day)</b>	1849,4	1849,4
<b>NP Sampai hari 5500</b>	1009038,83	992851
<b>Recovery Factor (%)</b>	21,83435389	21,48406924

## 4.2 ANALISIS HASIL PERHITUNGAN

Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian dengan judul Analisa perkiraan kinerja *waterflooding* pada sumur x, sumur yang diambil sebagai data penelitian ini adalah sumur Zamrud 104 dan Zamrud 38, dimana sumur zamrud 104 merupakan sumur injeksi dan sumur zamrud 38 merupakan sumur produksi, setelah dilakukan perhitungan metode analitik buckley leveret dan metode analitik Dykstra-parson, didapatkan beberapa parameter penting yang akan dibahas,

Adapun berikut pembahasan hasil perhitungan dari masing-masing metode tersebut.

#### **4.2.1 Metode Buckley Leveret**

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode buckley leveret sumur Zamrud 38 awalnya memiliki Swi sebesar 0,3 dan akan dilakukan injeksi air melalui sumur Zamrud 104 dengan laju alir injeksi sebesar 2014 bbl/day, hasil yang didapat sebagai berikut, setelah dilakukan *waterflooding* dari sumur zamrud 104 diperkirakan sumur air yang diinjeksikan akan ikut terproduksikan pada sumur zamrud 38 pada hari ke 465,82, pada hari pertama terproduksinya air pada sumur tersebut didapatkan nilai WOR sebesar 1,852, dengan laju produksi sebelum *breakthrough* sebesar 1849,4 bbl/day didapatkan total produksi minyak hingga hari *breakthrough* sebesar 861.487,5 Bbl dengan total produksi air 0 bbl, setelah terjadi *breakthrough* pada hari ke 465,82 hingga hari ke 5500 (batas akhir prediksi) total minyak yang dapat diproduksikan sebesar 1009038,83 bbl, dimana pada hari pertama setelah *breakthrough* laju produksi minyak yang awalnya sebesar 1849,4 bbl/day turun menjadi 260,48 bbl/day dengan nilai WOR sebesar 6,347 dan laju produksi air sebesar 1653,44 bbl/day, pada hari terakhir yang diprediksikan atau hari ke 5500 didapatkan laju produksi minyak hanya sebesar 18,81 bbl/day dengan nilai WOR sebesar 101,24 dan laju produksi air sebesar 1904,93 bbl/day atau recovery factor sebesar 21,834%

#### **4.2.2 Metode Dykstra Parson**

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode Dykstra-Parson sumur Zamrud 38 awalnya memiliki Swi sebesar 0,3 dan akan dilakukan injeksi air melalui sumur Zamrud 104 dengan laju alir injeksi sebesar 2014 bbl/day, hasil yang didapat sebagai berikut, setelah dilakukan *waterflooding* dari sumur zamrud 104 diperkirakan sumur air yang diinjeksikan akan ikut terproduksikan pada sumur zamrud 38 pada hari ke 465,82, pada hari pertama terproduksinya air pada sumur tersebut didapatkan nilai WOR sebesar 4,07, dengan laju produksi sebelum *breakthrough* sebesar 1849,4 bbl/day didapatkan total produksi minyak hingga hari *breakthrough* sebesar 861.487,5 Bbl dengan total produksi air 0 bbl, setelah

terjadi *breakthrough* pada hari ke 465,82 hingga hari ke 5500 (batas akhir prediksi) total minyak yang dapat diproduksikan sebesar 992851 bbl, dimana pada hari pertama setelah *breakthrough* laju produksi minyak yang awalnya sebesar 1849,4 bbl/day turun menjadi 465,82 bbl/day dengan nilai WOR sebesar 4,07 dan laju produksi air sebesar 1617,15 bbl/day, pada hari terakhir yang diprediksikan atau hari ke 5500 didapatkan laju produksi minyak hanya sebesar 18,737 bbl/day dengan nilai WOR sebesar 135,66 dan laju produksi air sebesar 1999,26 bbl/day atau recovery factor sebesar 21,484%

#### 4.2.1 Perbandingan Metode Buckley leveret dan Metode Dykstra-Parson

Ada perbedaan hasil prediksi kinerja *waterflooding* dari kedua metode tersebut, pada saat sebelum terjadinya *breakthrough* hasil prediksi yang didapat masih sama yaitu, laju produksi minyak sebesar 1849,4 bbl/day dengan total produksi minyak yang didapat sebesar 861.487,5 bbl, akan tetapi setelah terjadinya *breakthrough* kedua metode ini menghasilkan hasil yang berbeda dimana total produksi minyak dari hari pertama hingga hari ke 5500 pada metode buckley leveret didapatkan sebesar 1009038,83 bbl sedangkan pada metode Dykstra parson total produksi minyak sebesar 992851 bbl, perbedaan ini tidak signifikan, hanya sedikit berbeda, perbedaan ini terjadi karena masing-masing metode memiliki formula atau rumus yang berbeda dan parameter yang dijadikan patokan pun berbeda.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:

1. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode Buckley Leveret dan metode Dykstra-Parson, sumur zamrud 38 mengalami *water breakthrough* pada hari ke 465.82.
2. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode Buckley Leveret sumur zamrud 38 memperoleh nilai kumulatif produksi minyak sebesar 1009 MMSTB Recovery factor sebesar 21,834% dan dengan metode Dykstra-Parson sumur Zamrud 38 memperoleh nilai kumulatif produksi minyak sebesar 992,85 MSTB Recovery factor sebesar 21,484%

#### 5.2 SARAN

Disarankan untuk peneliti selanjutnya untuk menganalisis secara keekonomian agar didapat kelayakan penerapan proyek injeksi air.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, T. (2000). *Reservoir engineering handbook*. United States, United States.
- Alhuthali, A. H., Oyerinde, D., & Akhil, D.-G. (2007). Optimal Waterflood management using rate control. *SPE - Reservoir Evaluation and Engineering, Vol 10(Issue 5)*. doi:doi.org/10.2118/102478-PA
- 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, Vol 7. No.1 Juli 2016*.
- Asadollahi, M. (2012). *Waterflooding Optimization for*. Bergen: Norwegian University of Science and Technology (NTNU).
- Asawapayukkul, S., Laochamroonvorapongse, R., Pancharoen, M., Rattanarujikorn, Y., Tivayanonda, V., Palviriachote, S., . . . Akrapipatkul, P. (2016). Waterflood Performance Evaluation with Simple Tools: A Case Study of Sirikit Oil Field.
- Bruyelle, J., & Guérillot, D. (2019). *Optimization of Waterflooding Strategy Using Artificial Neural Networks*. Abu Dhabi: Paper presented at the SPE Reservoir Characterisation and Simulation Conference and Exhibition, Abu Dhabi.
- Burdakov, D. A., Rukavishnikov, A. P., & Tuzovskiy, M. A. (2015). *East Siberian field waterflood management*. Moskow, Rusia.
- Dicgorry , N., Fathaddin, M. T., & Huda, S. (2015). Analisa Efektifitas Pola Injeksi Air Antara Normal Dan Inverted Five Spot Simulasi Reservoir Lapangan DNT. *Seminar Nasional Cendekiawan 2015*. doi:dx.doi.org/10.25105/semnas.v0i0.249
- Hamdy A, Samir M, Mohamed K, & El-hoshoudy AN. (2019). Evaluation of Waterflooding; Experimental and Simulation Overview. *Petroleum & Petrochemical Engineering Journal*.
- Herawati, I. (2013). Karakterisasi Heterogenitas Reservoir Lapangan X Dengan Dynamic Lorenz Coefficient. *Jurnal of Eart, Energy, Engineering*.
- Iqbal, A., Kasmungin, S., & Pratiwi, R. (2017). Evaluasi Kinerja Reservoir Dengan Injeksi Air Pada Pattern 8 Lapangan “TQL”. *Seminar Nasional Cendekiawan ke 3 Tahun 2017*.
- Kharghoria, A., Garcia, J. G., AlRasheedi, K. S., Al-Rabah, A. A., Sanwoolu, A. O., & Husain, H. (2018). Assessment of Waterflood Performance in a Heterogeneous Heavy Oil Field in Northern Kuwait. *SPE International Heavy Oil Conference and Exhibition, Kuwait City, Kuwait*.

- Lekia, P. K. (2021). *Computer Implementation of the Dykstra-Parsons Method of Waterflood Calculation*. Lagos, Nigeria: Paper presented at the SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition, Lagos, Nigeria, August 2021.
- Ling, K. (2012). Fractional Flow in Radial Flow System—A Study for Peripheral Waterflood. *Paper presented at the SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference*.
- Lubis, I. T., Arief, A. T., & Prabu, U. A. (2014). Perencanaan Injeksi Waterflooding Dengan Metode Prediksi Buckley Leverett Dan Craig Geffen Morse Pada Sumur Injeksi I Di Lapisan W3 Struktur Niru Pt Pertamina Ep Asset 2 Field Limau. *Jurnal Ilmu Teknik*, Vol 4.
- Lyons, W. C. (1996). *Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering: Volume 2*. Socorro, New Mexico: Elsevier.
- Mogollón, J. L., Lokhandwala, T. M., & Tillero, E. (2017). *New Trends in Waterflooding Project Optimization*. SPE Latin America and Caribbean Petroleum Engineering Conference, Buenos Aires, Argentina.
- Muradov, K., Prakasa, B., & Davies, D. (2018). Extension of Dykstra-Parsons Model of Stratified-Reservoir Waterflood To Include Advanced Well Completions. *SPE Res Eval & Eng* 21.
- Ogbeivi, P., Aladeitan, Y., & Udebhulu, D. (2017). *An approach to waterflood optimization: case study of the reservoir X*. *J Petrol Explor Prod Technol*.
- Reynaldi, K. S. (2020). *Studi Prediksi Performa Waterflood Pada Lapangan "Alpha" Dengan Metode Buckley Leverett Dykstra Parsons Dan Material Balance*. Jakarta: Universitas Pertamina.
- Rose, W. (1957). *Studies of Waterflood*. Champaign: Division of the illinois state geological survey.
- Silva, G., Correia, B., Cunha, A., Santos, B., & Lima, A. (2017). Water Injection for Oil Recovery by using Reservoir Simulation via CFD. *Int. Jnl. of Multiphysics*, Volume 11 Number 1.
- Tetegan, G., Lawal, K. A., & Tendo, F. (2015). *A simple aggregate parameter for comparing waterflood reservoirs*. Lagos,, Nigeria: SPE.
- Thrasher, D., Nottingham, D., Stechauner, B., Ohms, D., Stechauner, G., Singh, P., & Angarita, M. L. (2016). Waterflood Sweep Improvement at Prudhoe Bay, Alaska. *SPE-179572-MS*. doi:10.2118/179572-MS