# ANALISIS WATERFLOOD PERFORMANCE TERHADAP PRODUKSI MENGGUNAKAN DECLINE RATE ANALYSIS PADA SUMUR MINYAK LAPANGAN X

#### **SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

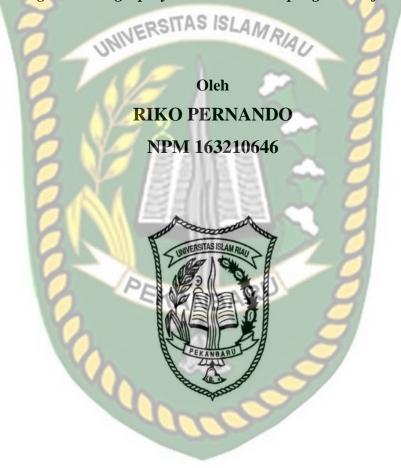
Oleh
RIKO PERNANDO
NPM 163210646

PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2022

# ANALISIS WATERFLOOD PERFORMANCE TERHADAP PRODUKSI MENGGUNAKAN DECLINE RATE ANALYSIS PADA SUMUR MINYAK LAPANGAN X

#### **SKRIPSI**

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik



# PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU PEKANBARU 2022

#### HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh:

Nama : Riko Pernando

NPM : 163210646

Program Studi : Teknik Perminyakan

Analisis Waterflood Performance Judul Tugas akhir Terhadap

Produksi Menggunakan Decline Rate Analysis

Pada Sumur Minyak Lapangan X

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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 : Richa Melysa, S.T., M.T

: Novrianti, S.T., M.T Penguji I

: Agus Dahlia, S.Si., M.Si Penguji II

Diterapkan di : Pekanbaru

Tanggal

Disahkan Oleh:

KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

**NOVIA RITA, S.T., M.T.** 

#### PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Riko Pernando

NPM : 163210646

Program Studi : Teknik Perminyakan

Universitas : Universitas Islam Riau

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir saya yang berjudul:

#### ANALISIS WATERFLOOD PERFORMANCE TERHADAP PRODUKSI MENGGUNAKAN DECLINE RATE ANALYSIS PADA SUMUR MINYAK LAPANGAN X

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

Pekanbaru, 10 Agustus 2022

Riko Pernando

#### **KATA PENGANTAR**

Rasa syukur disampaikan kepada Allah SWT atas rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Program Studi Teknik Perminyakan, Universitas Islam Riau. Disini saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir. Oleh sebab itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

- 1. Richa Melysa, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing dan juga selaku pembimbing akademik yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberi masukannya dan juga memberikan arahan, nasihat serta penyemangat selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan.
- 2. Ketua dan sekretaris Program Studi serta dosen-dosen yang banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan dukungan yang telah diberikan.
- 3. Orang tua dan saudara yang selalu memberikan dukungan material, dukungan moral dan doa yang senantiasa mengiringi.
- 4. Teman-teman seperjuangan selama perkuliahan yaitu Alve Dino Rumanda, Angga Sulistio, Desman Iwanto Sianturi, Ilham Ramadhani, Yudi Suwanda, Wynata Apriandri.

Teriring doa saya, se<mark>moga Allah memberikan balasan atas</mark> segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 10 Agustus 2022

Riko Pernando

#### DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	. ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR LAMPIRAN	vii
DAFTAR LAMPIRANv	<sup>7</sup> 111
DAFTAR SINGKATAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Lata <mark>r B</mark> elak <mark>an</mark> g	. 2
1.2 Tuju <mark>an Penelitian</mark>	. 4
1.3 Manf <mark>aat Penelitian</mark>	. 4
1.4 Batas <mark>an Penel</mark> iti <mark>an</mark>	. 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	. 4
2.1 Waterflooding	. 4
2.2 Decline Curve Analysis (DCA)	
2.3 State of The Art	. 7
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	. 9
3.1 Metode Penelitian	. 9
3.2 Jenis dan Sumber Data	. 9
3.3 Flow Chart	10
3.4 Deskripsi Model dan Sumur	11
3.5 Deskripsi Lapangan	11
3.6 Jadwal Penelitian	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	13

4.1	Perhitungan Decline Curve Analysis	14
4.2	Produksi Kedepan	16
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	19
5.1	Kesimpulan	19
5.2	Saran	19
DAFTA	R PUSTAKA	20



#### DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi waterflooding	4
Gambar 3.1 Flow Chart	9
Gambar 3.2 Peta Wilayah Kerja BOB PT. BSP	10
Gambar 4.1 Penurunan Produksi Sumur Z25	13
Gambar 4.2 Penurunan Produksi Sumur Z37	14
Gambar 4.3 Penurunan Produksi Sumur Z44	15
Gambar 4.4 Produksi Kedepan Sumur Z25	16
Gambar 4.4 Produksi Kedepan Sumur Z25	16
Gambar 4.6 Produksi Kedepan Sumur Z44	17



#### DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Decline Curve Analysis	6
Tabel 3.1 Jadwal Penelitian.	11



#### **DAFTAR LAMPIRAN**

PERHITUNGAN DCA SUMUR PRODUKSI Z25 LAMPIRAN I PERHITUNGAN DCA SUMUR PRODUKSI Z37 LAMPIRAN II

LAMPIRAN III



#### **DAFTAR SINGKATAN**

Enhanced Oil Recovery **EOR** 

RF Recovery Factor

BOB Badan Operasi Bersama

DCA Decline Curve Analysis

UR *Ultimate* Recovery

Zamrud Zrd

Z

Zamrud

Barrel Oil Per Day BOPD

Stock Tank Barrel STB

#### ANALISIS WATERFLOOD PERFORMANCE TERHADAP PRODUKSI MENGGUNAKAN DECLINE RATE ANALYSIS PADA SUMUR MINYAK LAPANGAN X

## 163210646

#### **ABSTRAK**

Meningkatnya populasi manusia membuat kebutuhan akan sumber daya migas juga semakin meningkat. Dalam mencapai target produksi tersebut dihadapkan dengan sejumlah tantangan dan masalah. Salah satu metode *recovery* adalah *waterflooding*, metode ini dilakukan dengan cara menginjeksikan sejumlah air ke bawah permukaan dengan tujuan meningkatkan produksi. Untuk itu pada Lapangan BOB PT. BSP akan dilakukan analisis *waterflood performance* menggunakan *decline curve analysis* (DCA), nantinya dapat diketahui besaran produksi yang diperoleh pada sumur minyak Lapangan X. Hasil penelitian dinyatakan bahwa nilai Di (*decline rate*) untuk ketiga sumur produksi, yaitu sumur Z25, Z37, dan Z44 masing – masing sebesar 2.98%/tahun, 2.91%/tahun, dan 3.94%/tahun dengan menggunakan metode hiperbolik. Dengan rendahnya nilai *decline rate* performa *waterflood* yang dilakukan pada ketiga sumur produksi adalah bagus. Selain itu, dalam beberapa waktu bulan kedepan produksi dari ketiga sumur dapat terus dilakukan karena masih ekonomis.

Kata Kunci: Decline curve analysis, hiperbolik, decline rate

## ANALYSIS OF WATERFLOOD PERFORMANCE TO PRODUCTION USING DECLINE RATE ANALYSIS ON FIELD X OIL WELL

#### <u>RIKO PERNANDO</u>

163210646

#### **ABSTRACT**

The increasing human population makes the need for oil and gas resources also increase. In achieving these production targets faced with a number of challenges and problems. One of the recovery methods is waterflooding, this method is done by injecting a certain amount of water under the surface with the aim of increasing production. For this reason, at the BOB Field PT. BSP will conduct waterflood performance analysis using decline curve analysis (DCA), later it can be seen the amount of production obtained at the X Field oil well. The results of the study stated that the Di value (decline rate) for the three production wells, namely wells Z25, Z37, and Z44 respectively 2.98%/year, 2.91%/year, and 3.94%/year using the hyperbolic method. With the low decline rate value, the waterflood performance carried out on the three production wells is good. In addition, in the next few months production from the three wells can continue because it is still economical.

Keywords: Decline curve analysis, hyperbolic, decline rate

#### **BAB I PENDAHULUAN**

#### 1.1 Latar Belakang

Meningkatnya populasi manusia di dunia membuat kebutuhan akan sumber energi juga semakin meningkat, salah satunya adalah bahan bakar yang bersumber dari migas. Untuk itu perlu dilakukan peningkatan jumlah produksi demi memenuhi kebutuhan pasokan bahan bakar. Secara umum terdapat 3 cara dalam memproduksikan migas, yaitu *natural flow*, *secondary recovery*, dan EOR (W. Li et al., 2021; X.-X. Lv et al., 2021; X. Lv et al., 2021). Ketiga metode ini dapat dilakukan secara bertahap menyesuaikan bagaimana kondisi di bawah permukaan dan sifat fluida migas yang diproduksikan. Dalam menjalankan kegiatan produksi, industri migas dihadapkan pada sejumlah masalah dan tantangan yang membuat produksi itu menjadi menurun, karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menanggulanginya (Suenaga et al., 2012; Xiaoxiao et al., 2021).

Salah satu metode produksi migas, yaitu waterflood. Tingginya mobilitas air dari sumur injeksi membuat mobilitas fluida migas pun juga ikut tinggi karena pengaruh tekanan injeksi sehingga fluida migas yang tadinya sedikit atau sulit untuk mengalir, menjadi mudah mengalir menuju daerah dengan tekanan yang rendah yang berada di sekitar sumur produksi (Can & Kabir, 2014; Saikia et al., 2018; Y. Wang et al., 2019). Mekanisme pendorong air dipercaya dapat menghasilkan recovery factor (RF) sekitar 60% sehingga metode ini adalah salah satu metode yang paling banyak dilakukan terutama di Indonesia. Alasan metode ini banyak digunakan ka<mark>rena bia</mark>ya operasional yang terbilang murah, bahan injeksi berupa air mudah didapatkan dari hasil produksi yang berlebih atau dari lingkungan sekitar (Gong et al., 2019; Olsen & Kabir, 2014; Pirayesh et al., 2014). Sekitar 50% dari seluruh reservoir di Indonesia merupakan jenis batuan sandstone yang didominasi di bagian barat Indonesia dan sisanya batuan karbonat di bagian timur Indonesia (Fan et al., 2015; Tong et al., 2015). Pada penelitian ini, peneliti akan melakukan penelitian di lapangan BOB yang sedang melakukan kegiatan waterflood di dua sumur injeksi terhadap tiga sumur produksi. Pemilihan metode waterflood pada tiga sumur ini dikarenakan produksi telah melewati batas primary recoverynya, selain itu tekanan reservoir juga terus menurun karena

sumur minyak yang telah beroperasi sangat lama dengan cadangan yang sedikit, dan keadaan sumur yang tidak dapat lagi mengangkat minyak secara alami dengan tekanan reservoir yang ada. Oleh karena itu untuk meningkatkan produksi di lakukan lah metode waterflood. Pada sumur minyak yang di lakukan waterflood ini, air injeksi yang di gunakan adalah air yang ikut terproduksi, sehingga sumur ini memiliki nilai water cut yang cukup tinggi. Nantinya akan dilihat waterflood performance menggunakan analisis reservoir management dengan decline curve analysis (DCA) sehingga dapat diketahui bagaimana hasil dari kegiatan waterflood dan prediksi sumur minyak yang terproduksi beberapa waktu kedepan. Pola injeksi yang digunakan pada lapangan ini adalah irregular sehingga pengaruh dari sumur injeksi terhadap sumur produksi menjadi kompleks yang pada penelitian ini berfokus pada sumur produksi Z25, Z37, dan Z44. Diharapkan dengan dilakukannya perhitungan DCA ini, dapat mengetahui performance waterflood di Lapangan X dan memprediksi berapa lamanya sumur minyak dapat berproduksi sehingga implementasi waterflood ini dapat dikatakan berhasil.



#### 1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas dapat diketahui tujuan penelitian, yaitu:

- Menganalisis waterflood performance terhadap 3 sumur produksi Lapangan BOB menggunakan perhitungan decline curve analysis (DCA) metode hiperbolik.
- 2. Mengetahui berapa lamanya sumur minyak dapat berproduksi dari 3 sumur produksi Lapangan BOB menggunakan perhitungan decline curve analysis (DCA) metode hiperbolik.

#### 1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah:

- 1. Dapat dijadikan sebagai salah satu dasar materi perkuliahan atau sebagai dasar untuk penelitian berikutnya.
- 2. Mampu mengedukasi pembaca tentang implementasi kegiatan waterflood dan dampaknya terhadap produksi minyak menggunakan perhitungan decline curve analysis.
- 3. Sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana teknik perminyakan.

#### 1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan penelitian untuk mengatur jalannya penelitian ini:

- 1. Penelitian ini mengikuti kondisi data Lapangan BOB yang diberikan.
- 2. Penelitian ini menggunakan perhitungan decline curve analysis.
- 3. Penelitian ini akan berfokus pada 3 sumur produksi pada jenis batuan pasir.
- 4. Penelitian ini memiliki irregular pattern.
- 5. Penelitian ini tidak menganalisis keekonomian.

#### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Melimpahnya sumber daya alam di dunia baik yang dapat diperbaharui dan tidak dapat diperbaharui dapat dengan baik dimanfaatkan oleh manusia demi keberlangsungan kehidupan manusia itu sendiri. Allah SWT telah berfirman dalam Surat Al-An'am (6): 1-3 bahwa sudah seharusnya kita sebagai makhluk ciptaannya bersyukur terhadap semua yang telah Allah SWT berikan. Untuk itu kita harus menjaga dan melestarikannya agar dapat dimanfaatkan sebaik – baiknya karena semua yang terdapat di bumi dan isinya hanyalah milik Allah SWT.

Industri migas adalah salah satu industri dengan tingkat bahaya yang sangat tinggi karena ketidakpastian dan resiko yang juga tinggi untuk dapat mengetahui proses apa yang terjadi di bawah permukaan dimana salah satu kegiatannya adalah mengambil atau mengeksploitasi minyak dan gas agar dapat dimanfaatkan (Bridges & Robinson, 2020; XIAO et al., 2021). Produksi migas terbagi menjadi 3 metode, yaitu natural flow, secondary recovery, dan EOR. Ketiga metode produksi ini akan dilakukan secara bertahap seiring dengan menurunnya produksi yang disesuaikan dengan kondisi di bawah permukaan. Kegiatan waterflood adalah salah satu cara untuk meningkatkan produksi dengan cara menginjeksikan sejumlah air ke bawah permukaan sehingga membuat fluida migas mengalir menuju sumur produksi (Imran, 2022; Musnal & Melisa, 2016).

#### 2.1 Waterflooding

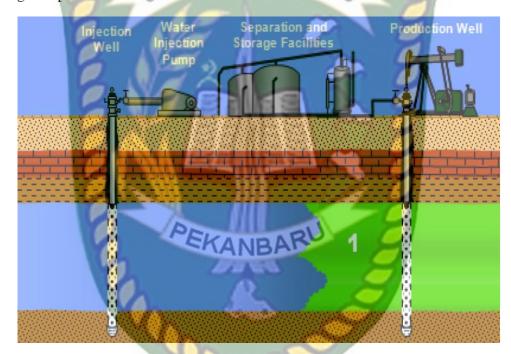
Waterflooding adalah metode produksi dengan menginjeksikan sejumlah air ke bawah permukaan dengan tujuan mendorong fluida minyak menuju sumur produksi, selain itu metode ini adalah metode yang paling banyak digunakan di dunia untuk kegiatan pressure maintenance. Hal ini disebabkan karena mudahnya dalam operasional, ketersediaan air untuk injeksi, dan dapat memberikan dampak yang baik (Bhicajee & Romero-Zerón, 2021; Rodriguez et al., 2022; Zhang et al., 2021). Terdapat sejumlah tujuan dilakukannya managemen waterflooding, yaitu:

- 1. Pemeliharaan tekanan reservoir yang dibutuhkan
- 2. Mencegah turunnya tingkat produksi

Selain itu, dalam pemilihan daerah yang dapat dilakukan *water flooding* harus memerhatikan sejumlah hal sebagai berikut:

- 1. *Net pay* yang baik
- 2. Adanya patahan
- 3. Data tekanan
- 4. Water cut dan gas oil ratio yang rendah

Kegiatan waterflooding telah terbukti mampu meningkatkan nilai UR (ultimate recovery). Walaupun terlihat sederhana dan mudah serta ekonomis untuk diimplementasikan, kegiatan waterflooding diatur oleh sejumlah faktor yang kompleks.



Gambar 2.1 Ilustrasi waterflooding

Selama proses produksi minyak dari reservoir ke sumur produksi akan menyebabkan penurunan tekanan sehingga perlu dilakukannya kegiatan pemompaan ke dalam lubang bor, namun diharapkan komposisi air dari reservoir secara signifikan berbeda dari komposisi yang akan diinjeksikan. Dalam melakukan kegiatan injeksi ini dihadapkan dengan sejumlah tantangan sehingga dibutuhkan pemahaman yang benar akan hubungan fluida di permukaan dan di reservoir, oleh karena itu akan memberikan sejumlah waterflooding scenario demi mencapai target produksi yang diinginkan (Peng et al., 2021; Sun et al., 2021;

Zhao et al., 2020). Walaupun dikenal sebagai salah satu metode yang paling banyak digunakan di dunia, nyatanya kinerja dari kegiatan waterflooding ini berada di bawah kondisi optimal dari yang seharusnya, hal ini terjadi kembali lagi pada susunan skenario yang digunakan dan harga minyak saat itu. Kegiatan waterflooding didesain bertujuan untuk meningkatkan dan memaksimalkan produksi minyak serta mengurangi produksi air. Walaupun didesain seperti itu, peningkatan sementara laju produksi air tidak dapat dihindarkan dan justru malah meningkatkan nilai dari water cut bahkan dalam beberapa kasus, produksi dapat terjadi sepenuhnya adalah air.

#### 2.2 Decline Curve Analysis (DCA)

Sudah lebih dari 70 tahun yang lalu, persamaan DCA pertama kali dikembangkan mengenai analisis terjadinya penurunan produksi yang didasarkan pada metode empiris. Penggunaan DCA ini banyak digunakan untuk mengestimasi cadangan dan jenis *drive mechanism* apa yang digunakan pada suatu reservoir.

DCA adalah salah satu metode yang sangat sering digunakan karena penggunaannya hanya menggunakan data history produksi dalam perhitungan nantinya. Data produksi yang dibutuhkan tergolong mudah untuk didapatkan karena pasti akan selalu dilakukan pencatatan secara rutin dan teliti terhadap satuan waktu. Biasanya, kurva yang akan dilakukan analisis antara laju alir minyak vs waktu (Gonsales et al., 2021). Hal yang tidak bisa dipungkiri adalah bahwa produksi akan terus terjadi penurunan seiring berjalannya waktu dan ketika tiba pada waktunya penurunan tersebut akan mencapai batas yang telah ditetapkan sebelumnya dan dianggap tidak ekonomis lagi untuk dapat terus diproduksikan. Penurunan produksi yang diamati pada data history produksi suatu sumur produksi harus memperlihatkan seberapa besar produktivitas reservoir sebagaimana adanya tanpa disebabkan faktor tambahan seperti perubahan dalam produksi yang diakibatkan damage, production control, dan lainnya. Selain dari pada itu, kondisi dari reservoir haruslah stabil karena ini akan dimanfaatkan untuk mengekstrapolasikan kurva penurunan dimana biasanya akan terpenuhi selama mekanisme produksi tidak berubah.

Secara garis besar, DCA dibagi menjadi 3 jenis, yaitu eksponensial, hiperbolik, dan harmonik. Berdasarkan nilai b (eksponen *decline*) dapat ditentukan jenis dari DCA. Jika nilai b = 0 maka kurva berjenis eksponensial, jika harga 0<br/>b<1 maka kurva berjenis hiperbolik, dan jika harga b = 1 maka kurva berjenis harmonik. Jenis DCA ditentukan sebelum melakukan prediksi cadangan dari sebuah reservoir. Adapun persamaan dari tiap jenis DCA adalah sebagai berikut.

6	Jenis Decline			
6	Eksponensial	Hiperbolik	Harmonik	
Karakteristik	Penurunan konstan	Penurunan terjadi berdasarkan kenaikan nilai b	Penurunan berbanding lurus terhadap laju produksi	
Eksponen	b = 0	0 <b<1< td=""><td>b = 1</td></b<1<>	b = 1	
Penurunan Produksi	$q = qi \times e^{-Dit}$	$q = qi (1 + bDit)^{-1/b}$	q = qi (1 + Dit)	
Produksi kumulatif	$Np = \frac{(q_i - q)}{Di}$	$Np = \frac{qi^b}{(1-b)D_i}(qi^{1-b} - q^{1-b})$	$Np = \frac{qi}{Di} ln\left(\frac{qi}{q}\right)$	

#### 2.3 State of The Art

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Deng & Pan, 2021), implementasi waterflood telah secara luas digunakan di seluruh dunia dan menjadi proses secondary recovery yang paling penting untuk dapat meningkatkan kemampuan reservoir. Pada dasarnya, waterflood dilakukan dengan tujuan untuk memaksimalkan NPV (net present value), meningkatkan tingkat recovery, efisiensi penyapuan, menjaga tekanan reservoir, mengurangi produksi air, dan menghindari recycling air. Namun, walaupun dengan keuntungan seperti itu perlu dilakukan permodelan simulasi numerikal untuk dapat memprediksi kemampuan waterflood di masa depan. Untuk itu pada kesempatan ini dilakukan penelitian menggunakan machine-learning proxy model untuk memprediksi waterflood performance. Hasil penelitian menunjukkan bahwa akurasi data dalam

mempelajari data produksi yang kompleks untuk prediksi waterflood performance adalah baik.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (X. Wang et al., 2021), demi mendapatkan teknik yang ramah lingkungan dan ekonomis, perubahan wettability menjadi alasan utama meningkatnya oil recovery. Untuk mengatasi ini dilakukan eksperimen pengujian terhadap sampel batuan water wet untuk mengurangi perubahan wettability sehingga digunakan NaCl sebagai base line untuk mengetahui efek salinitas brine dan jenis ion. Hasil penelitian menunjukkan bahwa salinitas yang rendah dan kaya akan sulfat dapat mengurangi daya tarik antara minyak dan batuan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Rezaeiakmal & Parsaei, 2021), injeksi foam adalah teknologi EOR yang dapat meningkatkan oil recovery dengan cara mengurangi mobilitas gas, khususnya pada reservoir heterogeneitas dengan berbagai permeabilitas. Dengan melakukan kombinasi antara foam dan polimer lalu dilakukannya waterflooding dapat meningkatkan ultimate oil recovery sebesar 15 – 20% lebih besar dari injeksi flooding foam konvensional.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Y. L. Li et al., 2019), dilakukan desain model numerikal dengan geometris, kinematis, dinamis, dan karakteristik rekahan untuk memodelkan gua karst tiga dimensi dengan menggunakan *carving technology*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *displacement efficiency* mode rendah-tinggi jelas lebih unggul daripada mode tinggi-rendah. Tingginya viskositas *waterflooding* meningkatkan *ultimate recovery* tapi akan menghasilkan *breakthrough* yang terlalu cepat.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Andrianov & Nick, 2019), mereka menganalisis waterflood performance menggunakan suatu model outcrop-base yang mewakili rekahan north sea reservoir kapur. Mereka melakukan beberapa simulasi discrete fracture matrix (DFM) terhadap oil recovery factor yang berpengaruh terhadap laju injeksi air di bawah kondisi ketidakpastian adanya rekahan. Berdasarkan hasil simulasi, lanju injeksi yang rendah dapat meningkatkan oil recovery lebih baik, faktor yang mempengaruhi kejadian ini adalah karena adanya interaksi antara inflow dan outflow boundaries.

#### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah susunan prosedur kerja yang perlu dilakukan secara sistematis untuk dapat memudahkan proses pengambilan dan pengumpulan data yang dibutuhkan pada suatu penelitian sehingga nantinya penulisan laporan penelitian ini bisa lebih jelas dan terstruktur. Adapun metodologi penelitian yang digunakan diantaranya sebagai berikut.

#### 3.1 Metode Penelitian

Metode Penelitian

Penelitian ini berfokus untuk menganalisis waterflood performance dan memprediksi produksi beberapa waktu kedepan sehingga nantinya akan memiliki gambaran kasar terhadap implementasi kegiatan waterflood di Lapangan BOB. Penelitian ini didasarkan pada perhitungan menggunakan decline curve analysis di Microsoft Excel. Nantinya akan dilakukan perhitungan DCA terhadap data produksi akibat implementasi waterflood sehingga dapat diketahui pengaruh waterflood dilakukan terhadap tingkat produksi. Setelah mendapatkan data dan menyelesaikan perhitungan DCA yang nantinya akan terlihat pada grafik, diharapkan hasil perhitungan yang didapatkan dapat mencapai target dari hasil penelitian yang diharapkan.

#### Jenis dan Sumber Data 3.2

Sejumlah data yang digunakan dalam penelitian ini adalah gabungan dari data primer dan data sekunder. Data sekunder berupa data – data yang dibutuhkan untuk perhitungan decline curve analysis di Microsoft Excel. Lalu setelah dilakukan perhitungan akan didapatkan hasil grafik berupa data primer.

#### 3.3 Flow Chart



#### 3.4 Deskripsi Model dan Sumur

Berikut akan disampaikan deskripsi singkat terkait data Lapangan X yang akan digunakan untuk perhitungan, lalu penjelasan mengenai sumur produksi dan sumur injeksi yang akan digunakan pada penelitian ini.

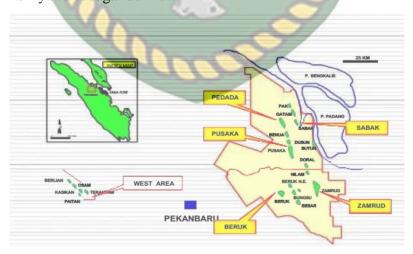
#### 3.4.1 Sumur Produksi

Pada penelitian ini akan menggunakan 3 sumur produksi, sumur ini terdiri dari Zrd#25, Zrd#37, Zrd#44. Ke 3 sumur ini nantinya akan dilihat kemampuan produksinya setelah sumur injeksi melakukan implementasi waterflood.

#### 3.5 Deskripsi Lapangan

Penelitian dilakukan di Lapangan BOB yang berlokasi di Kabupaten Siak, Riau. Pada lapangan ini terbagi menjadi 3 wilayah, yaitu Zamrud Area, Pedada Area, dan West Area. BOB PT. BSP adalah peninggalan dari PT. CPI yang dimulai pada tahun 1972, setelah itu mulai ditemukan sumur produksi baru di wilayah Pedada lalu berlanjut di Zamrud dan sumur – sumur lainnya.

Secara geografis, lapangan berada di bagian Timur Cekungan Sumatera Tengah dimana memiliki luas lapangan sebesar 9.135,06 km2 mencakup Kabupaten Siak, Bengkalis, Kampar Rokan Hulu. Adapun peta wilayah kerja BOB PT. BSP yaitu sebagai berikut.



Gambar 3.2 Peta Wilayah Kerja BOB PT. BSP

#### 3.6 Jadwal Penelitian

Adapun jadwal kegiatan penelitian yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah selama 3 bulan yang dimulai dari Bulan Juni-Agustus.

	Juni	Juli	Agustus
Kegiatan		Minggu ke-	
	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Studi Literatur		- 4	<b>10.</b>
Pengumpulan Data	VERSITAS ISL	-AMRIA	647
Pengumpulan Data  Pembuatan Model dan	0	"AU	
Running Process		300	
Menganalisis Hasil	- A		
Simulasi dan Membuat	7 X.II.		
Grafik Hasil			
Membuat Laporan Hasil			
dan Kesimpulan	E		
	PEKANBA	RU	

#### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Analisis dilakukan pada 3 sumur produksi, yaitu sumur produksi Zrd#25, Zrd#37, Zrd#44. Untuk memudahkan dalam penyebutan dan penulisan ketiga sumur produksi maka akan disingkat menjadi sumur Z25, Z37, dan Z44. Ketiga sumur produksi memiliki nilai water cut sebesar 98%, dengan tingginya water cut menyebabkan tingginya produksi air yang dihasilkan sehingga walaupun produksi minyak meningkat karena implementasi waterflood, juga akan meningkatkan produksi air. Biasanya dalam membuat sumur produksi dan sumur injeksi akan berdasarkan pada suatu pola atau pattern. Namun, pada Sumur Zamrud BOB, pattern tersebut bersifat irregular. Pada sumur produksi Z25, kasarnya diapit oleh 4 sumur injeksi dengan 2 sumur injeksi yang lokasinya tidak jauh dari Z25 dan 2 sumur injeksi lainnya berjarak lumayan jauh. Pada sumur produksi Z37 diapit oleh satu sumur injeksi. Pada sumur produksi Z44 diapit oleh 2 sumur injeksi dengan 1 sumur yang berjarak cukup dekat dan 1 sumur lagi berjarak cukup jauh.

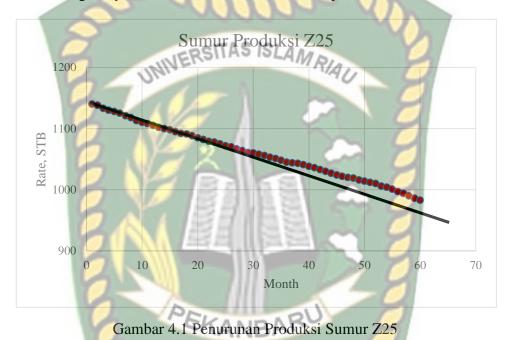
Pada sumur Z25 produksi per harinya sebesar 22 BOPD dengan perolehan produksi tiap bulannya sekitar 650 STB/month dan terus mengalami penurunan. Pada sumur Z37 produksi per harinya sebesar 25 BOPD dengan perolehan produksi tiap bulannya sekitar 750 – 800 STB/month dan terus mengalami penurunan. Pada sumur Z44 produksi per harinya sebesar 28 BOPD dengan perolehan produksi tiap bulannya sekitar 850 STB/month dan terus mengalami penurunan.

Implementasi waterflood pada ketiga sumur telah dilakukan yang ditandai dengan naiknya produksi baik minyak ataupun air, produksi air terbilang cukup tinggi karena nilai water cut sebesar 98%. Hal ini disebabkan karena telah terjadi breakthrough sehingga air yang berada di sekitar sumur produksi pun ikut terproduksi dan air yang berasal dari sumur injeksi juga ikut terproduksi. Untuk mengatasi kelebihan produksi air adalah dengan melakukan penginjeksian air terproduksi kembali ke dalam formasi. Setelah dilakukan penginjeksian, terbukti produksi minyak dapat meningkat dari ketiga sumur walaupun tidak terlalu besar tetapi produksi air juga ikut meningkat sehingga nilai water cut juga ikut bertambah bahkan pada sumur produksi Z25 telah menyentuh 99%.

#### 4.1 Perhitungan Decline Curve Analysis

#### 4.1.1 Sumur Produksi Z25

Meningkatnya produksi pada sumur produksi Z25 tidak berselang beberapa bulan kembali terjadi penurunan, namun penurunan terjadi secara perlahan seperti yang terlihat pada Gambar 4.1 berikut, dimana penurunan ini terjadi karena produksi yang awalnya diisi oleh minyak telah digantikan oleh air karena meningkatnya akumulasi air di sekitar sumur produksi.



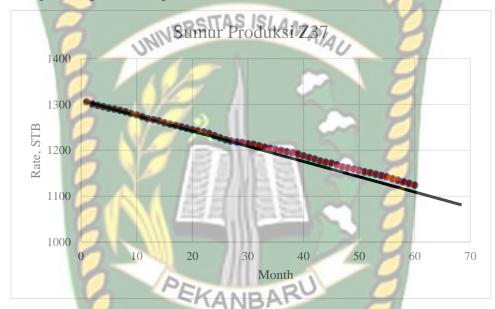
Dengan menarik garis lurus seperti pada Gambar 4.1, dapat diketahui metode decline curve analysis yang cocok hiperbolik dan harmonik dimana nilai b berada pada antara 0 dan 1 atau 1. Dengan melakukan trial and error pada excel diperoleh nilai b = 0.1 dimana nilai ini cocok dengan hiperbolik. Rumus menghitung laju aliran pada waktu t metode hiperbolik adalah sebagai berikut.

$$q_t = \frac{q_i}{(1+b\,Di\,t)^{1/b}}...(1)$$

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai Di (decline rate) sebesar 2.89%/tahun.

#### 4.1.2 Sumur Produksi Z37

Implementasi *waterflood* bertujuan untuk menaikkan produksi dan mempertahankan produksi untuk beberapa waktu kedepan. Setelah dilakukan *waterflood*, produksi yang tadinya berkisar diantara 750 – 800 STB/*month* menjadi sekitar 1200 STB/*month*. Namun tingkat produksi ini terus mengalami penurunan karena produksi minyak yang awalnya dapat naik tergantikan menjadi air karena semakin banyak air yang terakumulasi di sekitar sumur produksi. Berikut gambar penurunan produksi sumur Z37.

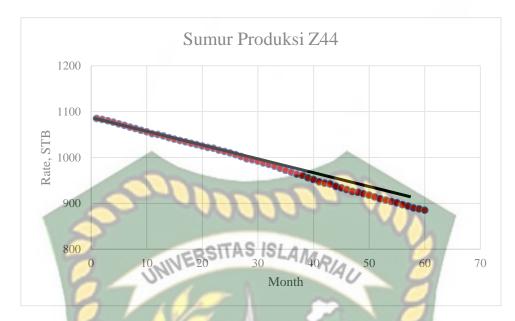


Gambar 4.2 Penurunan Produksi Sumur Z37

Dengan menarik garis lurus seperti pada Gambar 4.2, dapat diketahui metode *decline curve analysis* yang cocok antara hiperbolik dan harmonik dimana nilai b berada pada antara 0 dan 1 atau 1. Setelah melakukan perhitungan di *excel* diperoleh nilai b = 0.1 (hiperbolik). Rumus hiperbolik (1) digunakan untuk menghitung nilai Di (*decline rate*) dan diperoleh sebesar 2.91%/tahun.

#### 4.1.3 Sumur Produksi Z44

Setelah implementasi *waterflood* dilakukan, produksi yang sebelumnya sekitar 850 STB/*month* menjadi sekitar 1000 STB/*month*. Namun, karena injeksi *waterflood* yang dilakukan membuat akumulasi air di formasi semakin meningkat, produksi minyak perlahan menurun dan digantikan oleh air sehingga meningkatkan nilai *water cut*.



Gambar 4.3 Penurunan Produksi Sumur Z44

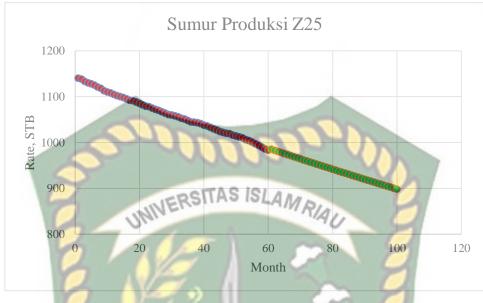
Ditarik sebuah garis lurus seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 dimana grafik penurunan tidak membentuk eksponen sehingga dapat diketahui metode yang cocok antara hiperbolik dan harmonik. Dilakukan perhitungan *trial* and error sehingga diperoleh nilai b = 0.1 (hiperbolik). Rumus (1) digunakan untuk menghitung produksi berdasarkan rumus dan mendapatkan nilai Di (decline rate), dimana nilai Di diperoleh sebesar 3.94 %/tahun.

Nilai Di (*decline rate*) pada sumur Z25 sebesar 5.23%/tahun, pada sumur Z37 sebesar 2.91%/tahun, dan pada sumur Z44 sebesar 3.94%tahun. Nilai Di yang rendah menunjukkan grafik penurunan yang terbilang bagus karena penurunan terjadi berkisar antara 1 – 5 BOPD dalam kurun waktu 1 bulan sehingga dapat dikatakan performa *waterflood* pada ketiga sumur adalah baik.

#### 4.2 Produksi Kedepan

Adapun dapat diketahui berapa lama produksi dapat bertahan terhadap masing – masing sumur produksi, yaitu sebagai berikut.

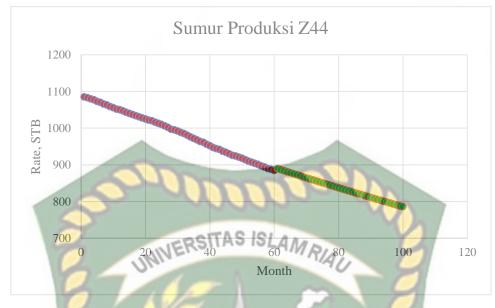
#### 4.2.1 Produksi Kedepan Sumur Z25



Gambar 4.4 Produksi Kedepan Sumur Z25



Gambar 4.5 Produksi Kedepan Sumur Z37



Gambar 4.6 Produksi Kedepan Sumur Z44

Berdasarkan Gambar 4.4, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6 dapat diketahui berapa lama produksi dapat bertahan dari ketiga sumur yang ditandai dengan plot berwarna hijau. Produksi akan terus mengalami penurunan, namun karena rendahnya nilai Di (decline rate), produksi dapat bertahan cukup lama walaupun diketahui nilai water cut yang tinggi, tetapi produksi pada ketiga sumur tersebut dapat terus dilakukan sesuai pada gambar.

#### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

- 1. Metode hiperbolik adalah metode yang cocok untuk *decline curve* analysis (DCA) pada ketiga sumur produksi, yaitu sumur produksi Z25, Z37, dan Z44. Dengan perolehan nilai Di (*decline rate*) masing masing sebesar 2.89%/tahun, 2.91%/tahun, dan 3.94%/tahun, performa waterflooding adalah bagus.
- 2. Produksi untuk ketiga sumur dalam 40 bulan (3 tahun 4 bulan) kedepan masih dapat terus berproduksi seperti yang terlihat pada Gambar 4.4, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6. Walaupun dengan tingginya nilai water cut, produksi masih ekonomis untuk dilakukan.

#### 5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya agar dapat melakukan perhitungan DCA pada lapangan dan sumur minyak yang lain untuk mengetahui bagaimana perbedaan hasil yang akan di peroleh baik dari grafik penurunan maupun dari parameter terkait perhitungan DCA.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Andrianov, N., & Nick, H. M. (2019). Modeling of waterflood efficiency using outcrop-based fractured models. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 183(August), 106350.
- Bhicajee, P., & Romero-Zerón, L. (2021). Effect of different low salinity flooding schemes and the addition of alkali on the performance of low-salinity waterflooding during the recovery of heavy oil from unconsolidated sandstone. *Fuel*, 289(December 2020).
- Bridges, S., & Robinson, L. (2020). A Practical Handbook for Drilling Fluids Processing. In *A Practical Handbook for Drilling Fluids Processing*.
- Can, B., & Kabir, C. S. (2014). Simple tools for forecasting waterflood performance. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 120, 111–118.
- Deng, L., & Pan, Y. (2021). Data-driven proxy model for waterflood performance prediction and optimization using Echo State Network with Teacher Forcing in mature fields. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 197(September), 107981.
- Fan, T., Song, X., Wu, S., Li, Q., Wang, B., Li, X., Li, H., & Liu, H. (2015). A mathematical model and numerical simulation of waterflood induced dynamic fractures of low permeability reservoirs. *Petroleum Exploration and Development*, 42(4), 541–547.
- Gong, L., Liu, B., Fu, X., Jabbari, H., Gao, S., Yue, W., Yuan, H., Fu, R., & Wang, Z. (2019). Quantitative prediction of sub-seismic faults and their impact on waterflood performance: Bozhong 34 oilfield case study. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 172, 60–69.
- Gonsales, R., Sulistiyono, Utomo, W., & Thariq Almuqtadir, M. (2021). *Analisis Metode Decline Curve Analysis (DCA) Sumur R-3 Dalam Menentukan Cadangan Minyak Di Lapangan RG. 1*(November), 215–223.
- Imran, R. (2022). Reservoir Management.
- Li, W., Vaziri, V., Aphale, S. S., Dong, S., & Wiercigroch, M. (2021). Energy saving by reducing motor rating of sucker-rod pump systems. *Energy*, 228, 120618.

- Li, Y. L., Wu, F., Li, X. P., & Tan, X. H. (2019). Experimental study on waterflood development in large–scale karst structures. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 175(December 2018), 838–851.
- Lv, X.-X., Wang, H.-X., Xin, Z., Liu, Y.-X., & Zhao, P.-C. (2021). Adaptive fault diagnosis of sucker rod pump systems based on optimal perceptron and simulation data. *Petroleum Science*.
- Lv, X., Feng, L., Wang, H., Liu, Y., & Sun, B. (2021). Quantitative diagnosis method of the sucker rod pump system based on the fault mechanism and inversion algorithm. *Journal of Process Control*, 104, 40–53.
- Musnal, A., & Melisa, R. (2016). Perhitungan Analisis Sistem Nodal Untuk Menentukan Laju Alir Minyak Dengan Meningkatkan Range Efesiensi Electric Submercible Pump Pada Sumur di Lapangan Minyak PT. BOB. BSP Pertamina Hulu. *Journal of Earth Energy Engineering*, 5(1), 42–51.
- Olsen, C., & Kabir, C. S. (2014). Waterflood performance evaluation in a chalk reservoir with an ensemble of tools. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 124, 60–71.
- Peng, J., Song, R., Wang, Y., & Xiao, H. (2021). Comparative study of VOF, LS, and VOSET on pore-scale immiscible waterflooding modeling. *Petroleum*, 7(3), 314–324.
- Pirayesh, E., Jamali, A., & Soliman, M. Y. (2014). Enhancing volumetric sweep efficiency in waterfloods using in-situ non-conductive barrier fractures. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 122, 119–133.
- Rezaeiakmal, F., & Parsaei, R. (2021). Visualization study of polymer enhanced foam (PEF) flooding for recovery of waterflood residual oil: Effect of cross flow. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 203(March), 108583.
- Rodriguez, A. X., Aristizábal, J., Cabrales, S., Gómez, J. M., & Medaglia, A. L. (2022). Optimal waterflooding management using an embedded predictive analytical model. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 208(PB), 109419.
- Saikia, B. D., Mahadevan, J., & Rao, D. N. (2018). Exploring mechanisms for wettability alteration in low-salinity waterfloods in carbonate rocks. *Journal* of Petroleum Science and Engineering, 164, 595–602.

- Suenaga, H., Yokoyama, M., Yamaguchi, K., & Sasaki, K. (2012). Bone metabolism of residual ridge beneath the denture base of an RPD observed using NaF-PET/CT. *Journal of Prosthodontic Research*, 56(1), 42–46.
- Sun, K., Liu, H., Wang, Y., Wang, J., Kang, Z., & Zheng, S. (2021). A practical integrated forecast method for estimated ultimate recovery (EUR) and well production performance after water breakthrough during waterflooding in naturally fractured reservoirs (NFRs). *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 204(February), 108789.
- Tong, K., Liu, H., Zhang, Y., Wang, J., Ge, L., Dai, W., Hong, C., & Meng, Q. (2015). Three-dimensional physical modeling of waterflooding in metamorphic fractured reservoirs. *Petroleum Exploration and Development*, 42(4), 589–596.
- Wang, X., Liu, W., Shi, L., Zou, Z., Ye, Z., Wang, H., & Han, L. (2021). A comprehensive insight on the impact of individual ions on Engineered Waterflood: With already strongly water-wet sandstone. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 207(January), 109153.
- Wang, Y., Cheng, S., Zhang, K., He, Y., & Yu, H. (2019). Pressure-transient analysis of water injectors considering the multiple closures of waterflood-induced fractures in tight reservoirs: Case studies in Changqing Oilfield, China. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 172, 643–653.
- XIAO, W., YANG, Y., LI, M., LI, N., YOU, J., ZHAO, J., ZHENG, L., ZHOU, K., REN, J., & WANG, Y. (2021). Experimental study on the oil production characteristics during the waterflooding of different types of reservoirs in Ordos Basin, NW China. *Petroleum Exploration and Development*, 48(4), 935–945.
- Xiaoxiao, L., Hanxiang, W., Xin, Z., Yanxin, L., & Shengshan, C. (2021). An equivalent vibration model for optimization design of carbon/glass hybrid fiber sucker rod pumping system. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 207(March), 109148.
- Zhang, N., Cao, J., James, L. A., & Johansen, T. E. (2021). High-order streamline simulation and macro-scale visualization experimental studies on waterflooding under given pressure boundaries. *Journal of Petroleum*

Science and Engineering, 203(September 2020), 108617.

Zhao, Y., Lu, G., Zhang, L., Yang, K., Li, X., & Luo, J. (2020). Physical simulation of waterflooding development in large-scale fractured-vuggy reservoir considering filling characteristics. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 191(January), 107328.

