

**PERHITUNGAN OPTIMASI LAJU ALIR MINYAK PADA  
PERFORASI PADA SUMUR X LAPANGAN F**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan*

Oleh

**Muhamad Khoirul Anwar**

**NPM 133210434**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :  
Nama : Muhamad Khoirul Anwar  
NPM : 133210434  
Program Studi : Teknik Perminyakan  
Judul Skripsi : Perhitungan Optimasi Laju Alir Minyak Pada Perforasi Pada Sumur X Lapangan F

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 : Ir. H. Ali Musnal, M.T. ( )

Penguji : Hj. Fitrianti.,ST.M.T. ( )

Penguji : Novrianti.,ST.M.T. ( )

Diterapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 24 November 2020

Disahkan Oleh:

**KETUA PROGRAM STUDI  
TEKNIK PERMINYAKAN**

**DOSEN PEMBIMBING  
MAHASISWA**

**Novia Rita, S.T., M.T.**

**Ir. H. Ali Musnal, M.T**

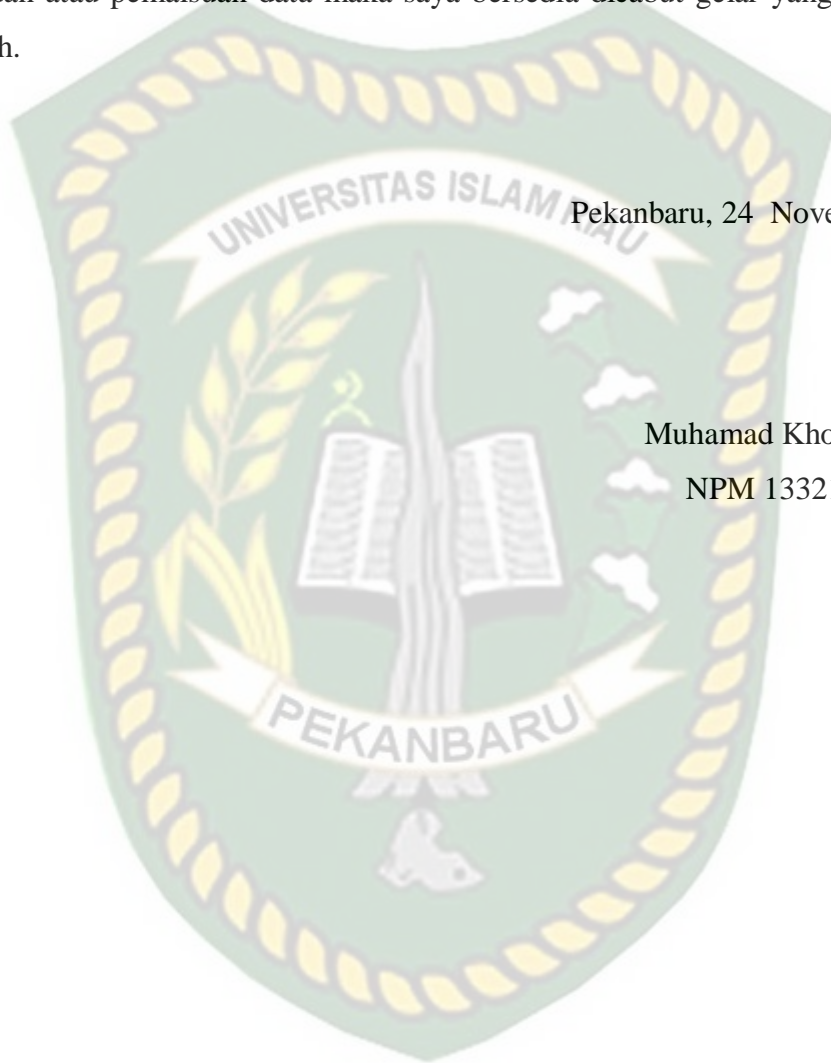
## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

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, 24 November 2020

Muhamad Khoirul Anwar

NPM 133210434



## 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 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 terima kasih kepada:

1. Orang tua atas segala doa dan kasih sayang, dukungan moril dan materil yang diberikan sampai penyelesaian tugas akhir.
2. Bapak Ir. H. Ali Musnal, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini, memberikan nasihat, penyemangat selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan.
3. Ibu Hj. Fitrianti.,ST.M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini, memberikan nasihat, penyemangat selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan.
4. Ibu Novrianti.,ST.M.T selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini, memberikan nasihat, penyemangat selama menjalani perkuliahan di Teknik Perminyakan.
5. Teman-teman yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

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

Pekanbaru, 24 November 2020

Muhamad Khoirul Anwar

## DAFTAR ISI

PERHITUNGAN OPTIMASI LAJU ALIR MINYAK PADA PERFORASI PADA SUMUR X LAPANGAN F .....	I
HALAMAN PENGESAHAN .....	II
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	III
KATA PENGANTAR .....	IV
DAFTAR ISI .....	V
DAFTAR GAMBAR .....	VII
DAFTAR TABEL .....	VIII
DAFTAR SINGKATAN .....	IX
ABSTRAK .....	X
ABSTRACT .....	XI
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN .....	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN .....	2
1.4 BATASAN MASALAH .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1. <i>INFLOW PERFORMANCE RELATIONSHIP</i> .....	4
2.1.1 <i>Productivity Index</i> .....	4
2.1.2 IPR Aliran Satu Fasa .....	5
2.1.3 IPR Aliran Dua Fasa .....	5
2.1.4 Metode Pudjo Soekarno .....	5
2.2. PERFORASI .....	7
2.3. TEKNIK PERFORASI .....	9
2.4. <i>HIGH SHOOT DENSITY</i> .....	11
2.5. MASALAH PADA SUMUR PRODUKSI .....	12
2.5.1 Masalah Endapan ( <i>Scale</i> ) .....	12
2.6. Penelitian Sebelumnya .....	13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	14
3.1 METODE PENELITIAN .....	14
3.1.1 Studi Literatur .....	14
3.1.2 Metode Orientasi Lapangan .....	14

3.1.3 Metode Wawancara.....	14
3.2 <i>FLOW CHART</i> PENELITIAN.....	15
3.3 <i>FIELD OVERVIEW</i> .....	16
3.4 PERHITUNGAN LAJU ALIR DAN PERAMALAN KURVA IPR .....	19
3.4.1 Perhitungan Laju Alir.....	19
3.4.2 Peramalan Kurva IPR.....	20
3.5 TEMPAT PENELITIAN/PENGAMBILAN DATA .....	21
3.6 JADWAL PENELITIAN.....	21
<b>BAB IV PEMBAHASAN .....</b>	<b>22</b>
4.1 <i>WELLBORE SCHEMATIC</i> .....	22
4.2 PERHITUNGAN LAJU ALIR PADA PERFORASI.....	23
4.3 PERAMALAN METODE PUDJO SUKARNO .....	27
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>31</b>
5.1 KESIMPULAN.....	31
5.2 SARAN .....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>32</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>35</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Kurva IPR metode Pudjo Sukarno .....	7
<b>Gambar 2.2</b>	Skema Hasil Perforasi .....	8
<b>Gambar 2.3</b>	Perbedaan <i>overbalance</i> dan <i>underbalance pressure</i> . Dimana Panah yang besar menunjukkan <i>high pressure</i> dan yang kecil menunjukkan <i>low pressure</i> .....	8
<b>Gambar 2.4</b>	Skematik orientasi diagram perforasi.....	9
<b>Gambar 2.5</b>	Combined technology for tubing-conveyed perforating and putting-into-production. 1, production tubing; 2, production seal assembly; 3, disc-type circulating sub; 4, tubing collar; 5, gravity detonation head and releasing device; 6, perforating gun; 7, production packer; 8, guide sub; 9, bar; 10, impact; 11, detonator .....	11
<b>Gambar 3.1</b>	<i>Flow chart</i> Penelitian .....	15
<b>Gambar 3.2</b>	Struktur Regional Cekungan Sumatra.....	16
<b>Gambar 3.3</b>	Evaluasi Formasi Lapangan Prabumulih.....	17
<b>Gambar 4.1</b>	<i>Well schematic</i> pada sumur X lapangan F.....	22
<b>Gambar 4.2</b>	Kurva Laju alir Optimum .....	26
<b>Gambar 4.3</b>	Kurva IPR sumur X lapangan F.....	30

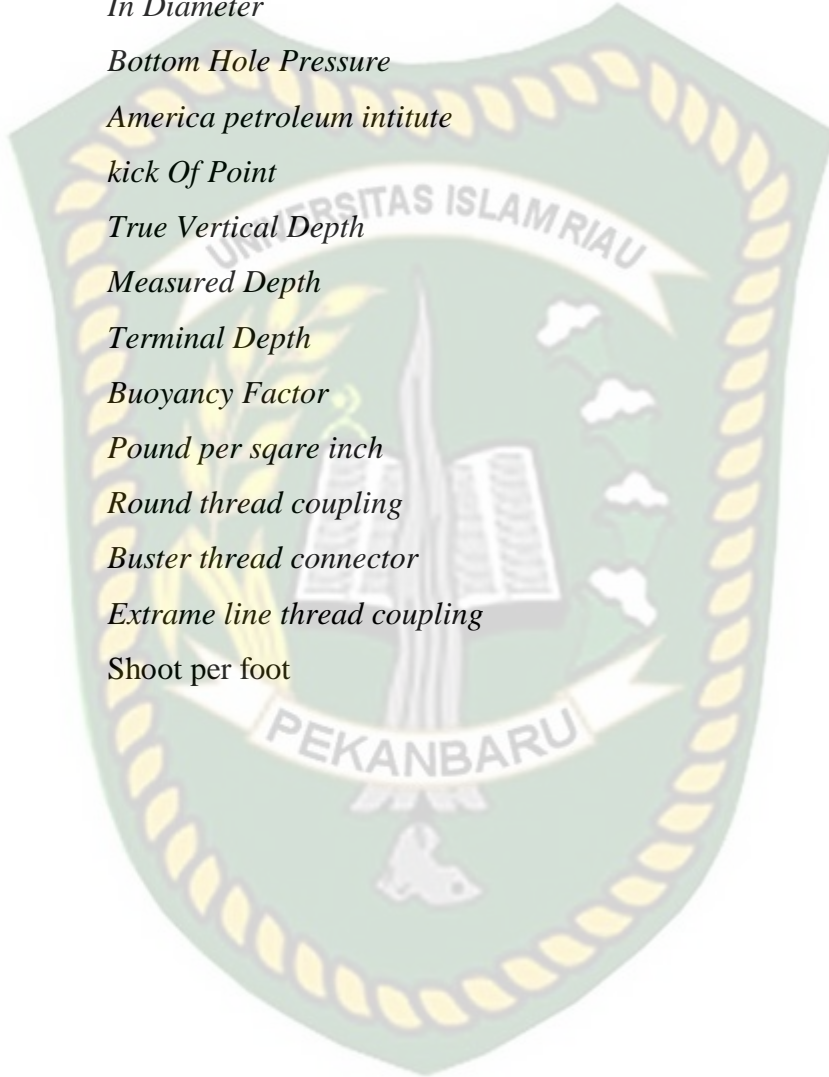
## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Kedalaman Rata – Rata Perforasi Pada Negara China dan USA .....	8
<b>Tabel 3.1</b>	<i>Reservoir And Production Data</i> .....	18
<b>Tabel 3.2</b>	Konstanta Teknik perforasi Teknik <i>overbalance</i> .....	20
<b>Tabel 3.3</b>	Jadwal Penelitian .....	21
<b>Tabel 4.1</b>	Perhitungan Laju Alir Pada Tiap Perforasi .....	23
<b>Tabel 4.2</b>	Laju Alir Produksi Pada Tiap Lubang Perforasi .....	24
<b>Tabel 4.3</b>	Opimasi Laju Alir Produksi Optimum.....	25
<b>Tabel 4.4</b>	Pengaruh Laju Produksi Terhadap Kerapatan Perforasi .....	27
<b>Tabel 4.5</b>	Parameter yang digunakan dalam pembuatan kurva IPR .....	27
<b>Tabel 4.6</b>	Harga laju alir minyak pada berbagai tekanan alir dasar sumur .....	28
<b>Tabel 4.7</b>	Harga <i>watercut</i> dan laju alir pada berbagai tekanan alir dasar sumur	29



## DAFTAR SINGKATAN

BFPD	Barel Fluid Per Day
BOP	<i>Blow Out Preventer</i>
OD	<i>Out Diameter</i>
ID	<i>In Diameter</i>
BHP	<i>Bottom Hole Pressure</i>
API	<i>America petroleum intitute</i>
KOP	<i>kick Of Point</i>
TVD	<i>True Vertical Depth</i>
MD	<i>Measured Depth</i>
TD	<i>Terminal Depth</i>
BF	<i>Buoyancy Factor</i>
Psi	<i>Pound per sqare inch</i>
RTC	<i>Round thread coupling</i>
BTC	<i>Buster thread connector</i>
ELC	<i>Extrame line thread coupling</i>
SPF	Shoot per foot



# PERHITUNGAN OPTIMASI LAJU ALIR MINYAK PADA PERFORASI PADA SUMUR X LAPANGAN F

MUHAMAD KHOIRUL ANWAR

NPM 133210434

## ABSTRAK

Cadangan dan produksi minyak yang turun tidak dapat kita pungkiri lagi seiring berjalanya waktu serta kegiatan produksi minyak. Lama kelamaan produksi minyak kita menipis (habis). Untuk memenuhi Kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia, Perlu upaya yang dilakukan mencari sumur sumur baru. Produksi dari sumur minyak, umumnya fluida dapat mengalir sendiri kepermukaan karena mempunyai tenaga pendorong alamiah yaitu tekanan reservoir ( $P_r$ ). Karena sumur diproduksi terus-menerus dan tekanan reservoir sumur semakin menurun sehingga tenaganya tidak dapat lagi mendorong atau mengangkat fluida kepermukaan. Untuk mempersiapkan masalah penurunan laju produksi suatu minyak perlu kita persiapkan segala sesuatu dalam menanggulangi hal tersebut diantaranya perlu kita mengetahui atau melakukan perhitungan mengenai apa penyebab laju produksi kita bisa menurun. Namun apabila kita telah mengetahui hal-hal apa saja yang dapat mengetahui problem turunya laju alir minyak pada suatu reservoir. Perlu mengetahui perhitungan optimasi laju alir minyak di suatu reservoir apa bila dilakukan kegiatan aktifitas perforasi pada formasi tersebut. Produktivity Index merupakan indeks yang digunakan untuk menyatakan kemampuan suatu sumur untuk berproduksi pada suatu kondisi tertentu, atau dinyatakan sebagai perbandingan antara laju produksi suatu sumur pada suatu harga tekanan alir dasar sumur ( $P_{wf}$ ) tertentu dengan perbedaan tekanan dasar sumur pada keadaan statik ( $P_s$ ) dan tekanan dasar sumur pada saat terjadi aliran ( $P_{wf}$ ), dinyatakan dalam stock tank barrel per day. Aliran pada fluida terbagi menjadi beberapa bagian antara lain aliran laminar dan turbulen. (IPR) adalah kurva yang menggambarkan kemampuan suatu sumur untuk berproduksi, yang dinyatakan dalam bentuk hubungan antara laju produksi ( $q$ ) terhadap tekanan alir dasar sumur ( $P_{wf}$ ). Perforasi merupakan suatu kegiatan pembuatan lubang ketika sumur atau gas siap untuk diproduksi. Bahan peledak (perforator) merupakan bagian terpenting dari kegiatan tersebut.

**Kata kunci:** Produksi, Reservoir, laju alir, IPR, Perforasi, Produktivity Index (PI)

# THE CALCULATION OF OPTIMIZATION OIL FLOW RATE IN PERFORATION WELL X FIELD F

MUHAMAD KHOIRUL ANWAR

NPM 133210434

## ABSTRACT

We cannot deny that the decline in oil reserves and production over time and oil production activities. For a long time, our oil production has been depleted (exhausted). To meet the need for fuel oil (BBM) in Indonesia, efforts should be made to find new wells. Production from oil wells, generally the fluid can flow itself to the surface because it has a natural driving force, namely reservoir pressure ( $P_r$ ). Because the well is produced continuously and the reservoir pressure decreases so that its energy can no longer push or lift the fluid to the surface. To prepare for the problem of reducing the rate of production of an oil, we need to prepare everything in order to overcome this, including we need to know or do calculations about what causes our production rate to decrease. However, if we already know what things can determine the problem of the decline in oil flow rate in a reservoir. It is necessary to know the optimization calculation of the flow rate of oil in a reservoir if perforation activities are carried out in the formation. Productivity Index is an index used to express the ability of a well to produce under certain conditions, or expressed as a comparison between the production rate of a well at a certain price of bottom well flow pressure ( $P_{wf}$ ) with the difference in well bottom pressure in a static state ( $P_s$ ) and the bottom well pressure at the time of flow ( $P_{wf}$ ), expressed in stock tank barrels per day. Flow in fluid is divided into several parts, including laminar and turbulent flow. (IPR) is a curve that describes the ability of a well to produce, which is expressed in terms of the relationship between the production rate ( $q$ ) and the bottom well flow pressure ( $P_{wf}$ ). Perforation is an activity of making a hole when a well or gas is ready to be produced. Explosives (perforators) are the most important part of this activity

Keywords: Production, Reservoir, flow rate, IPR, Perforation, Productivity Index (PI)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Produksi dari sumur minyak, umumnya fluida dapat mengalir sendiri kepermukaan karena mempunyai tenaga pendorong alamiah yaitu tekanan reservoir (Pr). Karena sumur diproduksi terus-menerus dan tekanan reservoir sumur semakin menurun sehingga tenaganya tidak dapat lagi mendorong atau mengangkat fluida kepermukaan (Iqbal, Kasmungin, & Pratiwi, 2017). Apabila tekanan alamiahnya tidak mampu mengangkat fluida kepermukaan maka dibutuhkan pengangkat buatan atau yang disebut dengan *artificial lift* (Musnal & Fitrianti, 2017; Al Zahrani, Al-Nasser, Collen, & Khade, 2009). Menurut Novrianti (2017) penurunan laju produksi minyak disebabkan oleh tekanan reservoir yang tidak mampu mengalirkan fluida reservoir kepermukaan, adanya kerusakan formasi, *water cut* yang tinggi, dan fasilitas produksi yang sudah tua.

Cadangan dan produksi minyak yang turun tidak dapat kita pungkiri lagi seiring berjalanya waktu serta kegiatan produksi minyak. Lama kelamaan produksi minyak kita akan terus menurun. Untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia, perlu upaya yang dilakukan mencari sumur sumur baru (Musnal & Fitrianti, 2017). Nilai ekonomis suatu sumur, tergantung pada seberapa besar laju alir minyak yang dapat diproduksi dengan catatan tidak melebihi laju alir kritis apabila ini terjadi akan menyebabkan *water breakthrough* yang cepat oleh sebab itu perlu dilakukan perhitungan laju alir optimum. Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan tingginya *water cut*, diantaranya terjadinya *water breakthrough* Iqbal, Kasmungin, & Pratiwi (2017), saturasi air yang meningkat dan penurunan nilai saturasi minyak sehingga pada saat diproduksi sumur tersebut memiliki nilai yang tidak ekonomis (Saputra & Ariadji, 2009).

Untuk pengangkatan minyak dari reservoir, proses produksi memegang peranan penting di dalam suatu industri perminyakan. Hal ini bukanlah mudah namun mencakup kegiatan yang cukup kompleks. Oleh karena itu dibutuhkan pemilihan metode yang tepat dalam produksi minyak yang dapat memberikan

profit yang maksimal. Salah satu dari usaha tersebut adalah dengan mengoptimalkan laju produksi, sehingga diharapkan minyak yang ada direservoir dapat terangkat kepermukaan dengan optimal. Oleh sebab itu, perlu sebuah perencanaan dalam mengoptimalkan laju alir produksi. Terutama dalam pemilihan kompleks yang digunakan pada sumur x, adapun kompleks yang digunakan pada sumur ini berupa *case hole* yang kemudian dilakukan perforasi yang bertujuan untuk menghubungkan lapisan reservoir dengan sumur produksi Satti, Bale, Gilliat, & Hillis (2018), kemudian untuk mengetahui seberapa produktifitas suatu lapisan setelah dilakukan perforasi maka dilakukan perhitungan laju alir yang optimum dengan melihat kurva IPR (Musnal, 2015) (Araki & Morita, 2020).

Pemilihan metoda Pudjo Soekarno diharapkan supaya peneliti bisa mencari laju optimum dengan mengoptimalkan titik perforasi pada sumur X lapangan F. Dan setelah dilakukan penelitian menunjukkan bahwa hasil dari perforasi pada sumur X lapangan F ini yaitu di kerapatan 8 SPF dengan laju produksi yang diperoleh sebesar 793 STB/ d. Ini sudah optimum di bandingkan di kerapatan 6 Spf dengan laju produksi 705 STB/ d. sedangkan di kerapatan 2 dan 4 spf kehilangan tekanan. Sementara itu untuk Peramalan IPR dengan metode Pudjo Sukarno didapatkan laju produksi minyak sebesar 75.9 bpd dan laju produksi total sebesar 1931.83 bpd.

Oleh karena itu peneliti tertarik untuk meneliti tentang Perforasi ini supaya bermanfaat untuk kedepannya untuk mengoptimal laju produksi apa bila sumur sudah mengalami penurunan laju produksi dan supaya bisa meningkatkan keuntungan bagi perusahaan.

## 1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari peneliti tugas akhir ini adalah:

1. Menghitung besarnya laju alir setiap perforasi pada sumur x.
2. Menghitung besarnya laju alir minyak pada sumur x menggunakan metode Pudjo Sukarno.

## 1.3 MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat penelitiannya adalah:

1. Dapat melihat perbandingan laju produksi sebelum dan sesudah diadakan kegiatan perforasi.
2. Dapat mengetahui mengenai kegiatan perforasi serta mengetahui apa apasaja yang diperoleh dari kegiatan tersebut.
3. Dapat dijadikan refrensi bagi mahasiswa yang akan melakukan penelitian selanjutnya.

#### **1.4 BATASAN MASALAH**

Agar penulisan ini tidak keluar dari tujuan yang diharapkan, maka tulisan ini hanya membahas hal berikut:

1. Kerapatan perforasi yang digunakan dalam perhitungan hanya 2, 4, 6, 8, SPF.
2. Tidak membahas faktor skin.
3. Perhitungan peramalan kurva IPR menggunakan metode Pudjo Soekarno

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Sumber daya alam yang terdapat dimana saja seperti tanah, air, udara dan sebagainya. Sebagaimana yang telah dijelaskan oleh Allah SWT dalam firmannya Qur'an surah Al-an'am (6) : 1-3 Maka sepantasnya kita bersyukur atas apa yang telah Allah SWT ciptakan yang semata-mata adalah untuk kita manfaatkan, karna Allah SWT telah berjanji barang siapa yang mengsyukuri nikmatnya maka akan ditambahkan tetapi apabila kita kufur akan mendapat siksa yang amat pedih. Untuk sebagai bentuk rasa syukur manusia kepada Allah SWT. Manusia harus memelihara alam yang telah memberikan kehidupan kepada manusia karna hakikatnya semua yang ada di bumi hanyalah milik Allah SWT.

### 2.1. *INFLOW PERFORMANCE RELATIONSHIP*

*Inflow Performance Relationship* (IPR) adalah kurva yang menggambarkan kemampuan suatu sumur untuk berproduksi, yang dinyatakan dalam bentuk hubungan antara laju produksi (q) terhadap tekanan alir dasar sumur (Pwf). Dalam persiapan pembuatan kurva IPR terlebih dahulu harus diketahui *Productivity Index* (PI) sumur tersebut, yang merupakan gambaran secara kualitatif mengenai kemampuan suatu sumur untuk berproduksi (Albokhari & Almubarak, 2015).

#### 2.1.1 *Productivity Index*

*Productivity Index* yaitu indeks produktivitas ukuran efisiensi mekanisme produksi sumur, yang dinyatakan dalam barel/hari/psi turunnya tekanan (Musnal, 2015). *Productivity Index* matematik bentuknya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$(PI) = \frac{Q_o}{P_s - P_{wf}} \text{ bbl/hari/psi} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- PI = *Productivity Index*, bpd/psi
- Q = Laju Produksi, bbl/day
- Ps = Tekanan Statik Dasar Sumur, Psi
- Pwf = Tekanan Alir Dasar Sumur, Psi

### 2.1.2 IPR Aliran Satu Fasa

Kurva IPR untuk satu fasa akan membentuk suatu garis linear dengan harga PI yang konstan untuk setiap harga Pwf. Hal ini terjadi apabila tekanan reservoir (Pr) lebih besar dari tekanan gelembung minyak (Pb) (Musnal, 2014).

$$Q = PI \times (P_s - P_{wf}) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

PI = *Productivity Index* (bpd/psi)

Q = Laju Produksi (bbl/day)

P<sub>s</sub> = Tekanan Statik Dasar Sumur

P<sub>wf</sub> = Tekanan Alir Dasar Sumur

### 2.1.3 IPR Aliran Dua Fasa

*Inflow Performance Relationship* (IPR) menggambarkan hubungan antara tekanan alir dasar sumur (p<sub>wf</sub>) dan laju alir (Q<sub>o</sub>) pada tekanan reservoir yang stabil (Herawati, Novrianti, & Suyandi, 2015; Albokhari & Almubarak, 2015). IPR digunakan dalam mengevaluasi produktifitas sumur dan perkiraan produksi sumur yang dapat diandalkan yang memungkinkan operator mengoptimalkan desain produksi dan memprediksi pemulihan untuk perencanaan proyek. Untuk membuat kurva IPR yang cepat dan akurat, persamaan IPR Vogel telah umum digunakan di industri ini untuk memprediksi produktivitas sumur vertikal. Hal ini karena persamaan Vogel sangat mudah digunakan dan hanya satu set data uji aliran yang stabil cukup untuk menghasilkan IPR yang unik untuk diberikan dengan baik. Salah satu metode prediksi untuk kinerja arus masuk reservoir (*inflow performance*) adalah pendekatan Vogel yang menggunakan dua linear. IPR ini dan semua versi modifikasi yang menyertainya, telah terbukti sesuai dengan data reservoir dengan akurasi yang dapat diterima (Albokhari & Almubarak, 2015).

### 2.1.4 Metode Pudjo Soekarno

Metode Pudjo Soekarno merupakan metode untuk penentuan kurva IPR yang berdasarkan hasil simulasi dengan variasi efisiensi aliran yang disebabkan oleh aliran yang memiliki nilai skin (Gallice Frederic, 1999). Metode ini juga dikembangkan untuk menentukan kinerja aliran gas, minyak dan air dari formasi



(Sukarno, Ariadji, & Regina, 2001). Dalam metode Pudjo Sukarno memiliki persamaan:

$$\frac{Q_o}{Q_{MAX}} = \left[ AO + A1 \left( \frac{PWF}{PR} \right) - A2 \left( \frac{PWF}{PR} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

$Q_o$  = Laju Produksi dipermukaan (bbl/day)

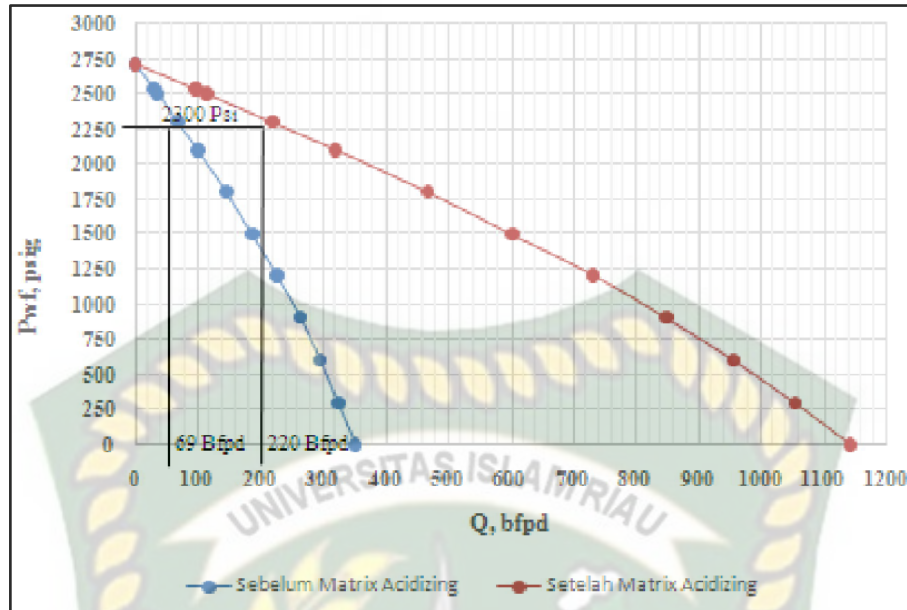
$Q_{max}$  = Laju Produksi maksimum (bbl/day)

$A_n$  = ( $n=0, 1,$  dan  $2$ ) konstanta persamaan, yang harganya berbeda untuk water cut yang berbeda

$P_{wf}$  = Tekanan Alir Dasar Sumur (psi)

$P_r$  = Tekanan reservoir (psi)

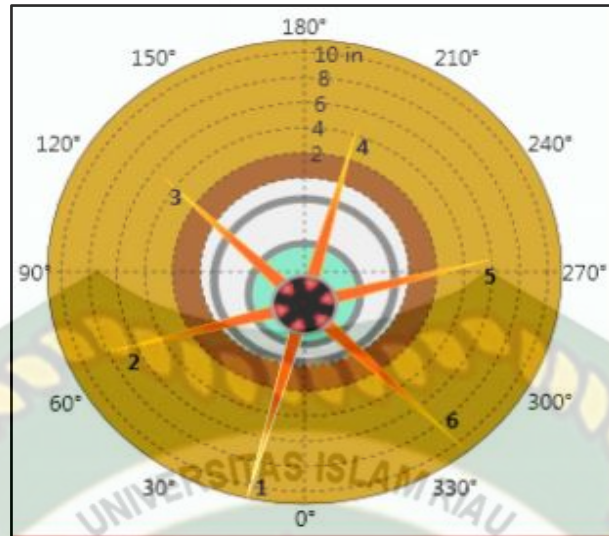
Herianto (2018) melakukan suatu penelitian mengenai *matrix acidizing stimulation* pada formasi *sandstone* untuk meningkatkan porositas efektif. Berdasarkan hasil *well test* diketahui terdapat kerusakan formasi sehingga terjadi penurunan laju alir produksi. Salah satu cara untuk meningkatkan laju alir produksi tersebut dilakukan *stimulation* menggunakan metode *matrix acidizing*. Dalam melakukan peramalan laju alir produksi, peneliti tersebut menggunakan metode Pudjo Sukarno dengan membandingkan kurva IPR sebelum dilakukannya *acidizing* dan setelah dilakukannya *acidizing*. Berdasarkan kurva IPR yang diperoleh terlihat pada gambar 2.1 yang menandakan laju alir optimum pada sumur tersebut tidak optimal karena dipengaruhi oleh *formation damage*. Oleh sebab itu dilakukan *acidizing* untuk mendapatkan laju alir yang optimum. Dimana sebelum dilakukan *acidizing* diperoleh PI sebesar 0.169 bfpd / psi dan setelah dilakukan *acidizing* didapatkan PI sebesar 0.539 bfpd / psi.



**Gambar 2.1** Kurva IPR metode Pudjo Sukarno (Herianto, 2018)

## 2.2. PERFORASI

Perforasi merupakan suatu kegiatan dalam *well completion* yang bertujuan untuk membuat lubang antara *annulus* dan semen sehingga menciptakan konektifitas antara sumur dan zona reservoir yang berfungsi untuk menyalurkan minyak dari reservoir menuju sumur produksi (Batarseh & Alerigi, 2019; Musnal, 2012; Renpu, 2011). Dalam proses pelubangan (perforasi) diperlukan tekanan yang besar sekitar 20,000 psi (Batarseh & Alerigi, 2019), karena itu jenis bahan peledak yang digunakan harus disesuaikan dengan cara atau teknik perforasi yang akan diaplikasikan (Allison, et al., 2015). Pada gambar 2.1 diperlihatkan skema hasil perforasi yang menunjukkan kedalaman perforasi mencapai 10 inch.



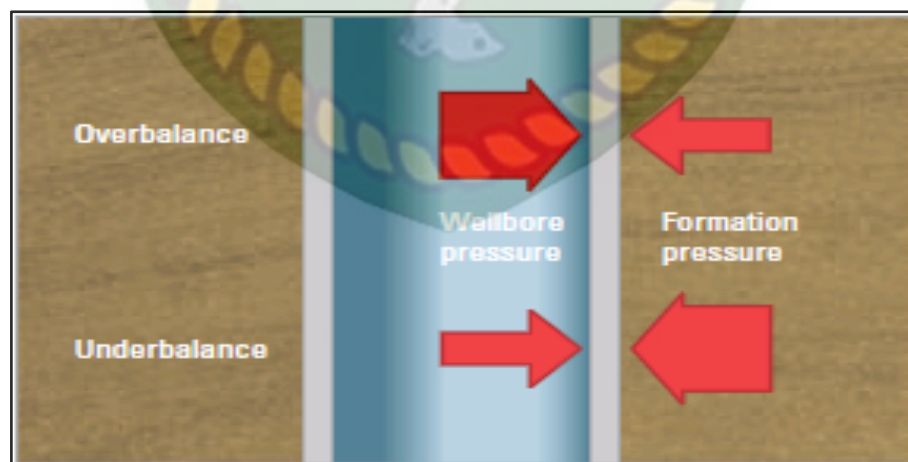
**Gambar 2.2** Skema Hasil Perforasi (Burkey, Craddock, & Lavery, 2018)

**Tabel 2.1** Kedalaman Rata – Rata Perforasi Pada Negara China dan USA

Supplier	Gun diameter/ mm	Bullet type	Charge load/g	Perforation density/ (Perforation·m <sup>-1</sup> )	Penetration depth/mm
GEO Dynamics, USA	114.3	4039 RaZor HMX	39	16	1 597
Owen, USA	114.3	SDP-4500-411NT3	39	16	1 376
Sichuan Perforating Charge Plant, China	114.3	SDP48HMX39-1	39	16	1 538
Daqing Perforating Charge Plant, China	114.3	SDP45HMX-1	39	16	1 356

*Sumber:* (He, Feng, Yucai, & Jianlong, 2014)

Ada 2 teknik fundamental dalam melakukan perforasi untuk mendapatkan hasil perforasi yang baik dan meningkatkan produktivitas (Farid, 2012).



**Gambar 2.3** Perbedaan *overbalance* dan *underbalance* pressure. Dimana Panah yang besar menunjukkan *high pressure* dan yang kecil menunjukkan *low pressure* (Farid, 2012)

a. *Conventional Overbalance*

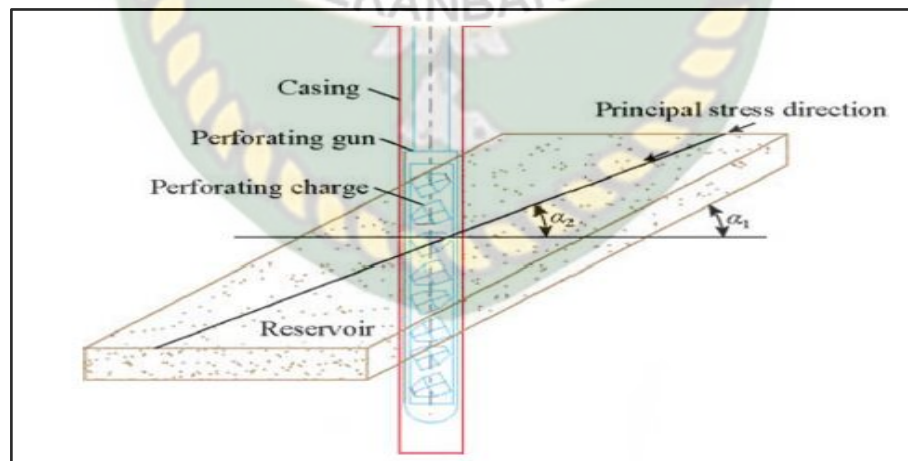
Kondisi dimana tekanan hidrostatik sumur lebih besar sedikit dari tekanan formasi sumur, sehingga dapat dilakukan perforasi, pemasangan tubing, dan perlengkapan sumur lainnya (Farid, 2012).

b. *Underbalance*

Kondisi dimana tekanan hidrostatik lumpur kompleksi lebih kecil dibandingkan tekanan formasi (Farid, 2012).

### 2.3. TEKNIK PERFORASI

Perforasi dilakukan dengan memanfaatkan beberapa perangkat atau fasilitas orientasi untuk mewujudkan kontrol dari arah perforasi yang diinginkan, sehingga desain perforasi dapat berjalan secara optimal dan meningkatkan efektivitas operasi. Seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.4 merupakan orientasi dari perforasi pada sumur vertikal. Orientasi pada sumur vertikal dapat dilakukan dengan menggunakan gryscope, sehingga arah orientasi dapat dikontrol dengan baik. Dalam proses pengembangan reservoir, arah perforasi konvensional biasanya horizontal, tetapi dalam reservoir aktual biasanya arah perforasi terdapat sudut kemiringan ( $\alpha_1$  dan  $\alpha_2$ ) antara reservoir, arah tegangan utama maksimum, dan arah horizontal (He, Feng, Yucai, & Jianlong, 2014).



**Gambar 2.4** Skematik orientasi diagram perforasi (He, Feng, Yucai, & Jianlong, 2014)

Berdasarkan cara menurunkan *gun* ke dalam sumur, ada dua teknik perforasi, yaitu dengan *wireline* (*wireline conveyed perforation*) dan dengan tubing (*tubing conveyed perforation*) (Farid, 2012; Renpu, 2011).

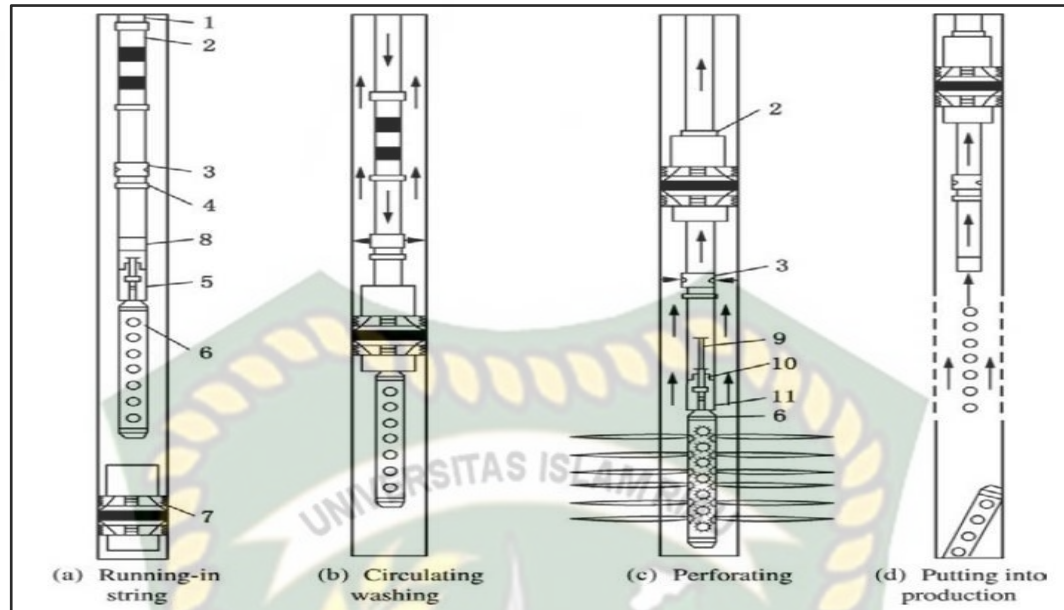
#### 1. *Wireline Conveyed Perforation*

Pada sistem ini *gun* diturunkan ke dalam sumur dengan menggunakan *wireline* (kawat listrik). *Wireline conveyed perforation* biasanya menggunakan *gun* berdiameter besar. Kondisi kerja perforasi dengan teknik ini adalah *overbalance*, sehingga tidak terjadi aliran setelah perforasi dan menara pemboran dengan *blow out preventer* (BOP) masih tetap terpasang untuk penyelesaian sumur lebih lanjut (Renpu, 2011).

*Wireline conveyed tubing gun* berdiameter kecil dimasukkan kedalam sumur melalui *X-mastree* dan *tubing string*, setelah *tubing* dan *packer* terpasang diatas interval perforasi. Penyalaan *gun* dilakukan pada kondisi *underbalance* dan untuk operasi ini, umumnya tidak diperlukan menara pemboran tetapi cukup dengan *lubricator* (alat kontrol tekanan) atau *snubbing unit* (Renpu, 2011).

#### 2. *Tubing Conveyed Perforator*

*Gun* berdiameter besar dipasang pada ujung bawah *tubing* atau ujung *tail-pipe* yang diturunkan kedalam sumur bersama-sama dengan *tubing string*. Setelah pemasangan *X-mastree* dan *packer*, perforasi dilakukan secara mekanik dengan menjatuhkan *bar* atau *go-devil* melalui *tubing* yang akan menghantam *firing-head* yang ditempatkan di bagian atas perforator. Perforasi ini dapat dilakukan baik pada kondisi *overbalance* maupun *underbalance*, setelah perforasi dilakukan *gun* dibiarkan tetap tergantung atau dijatuhkan ke dasar sumur (*rathole*) (Renpu, 2011).



**Gambar 2.5** Combined technology for tubing-conveyed perforating and putting-into-production. 1, production tubing; 2, production seal assembly; 3, disc-type circulating sub; 4, tubing collar; 5, gravity detonation head and releasing device; 6, perforating gun; 7, production packer; 8, guide sub; 9, bar; 10, impact; 11, detonator (Renpu, 2011)

#### 2.4. HIGH SHOOT DENSITY

*High Shoot Density* (HSD) merupakan kegiatan perforasi. Kegiatan ini dilakukan pada sumur dengan kondisi *Overbalance* yaitu dimana tekanan hidrostatik lebih besar sedikit daripada tekanan formasi (Elsharafi & Bodi, 2017).

##### a. Fungsi HSD

Fungsinya selain untuk melubangi *casing*, semen, dan formasi juga agar fluida bisa mengalir kedalam sumur untuk diproduksi.

##### b. Prinsip Kerja HSD

Setelah lubang sumur dikondisikan pada keadaan *Overbalance*, maka kegiatan HSD dapat segera dilakukan terlebih dahulu melakukan *rig up equipment*, lalu memasang BOP dan terdapat dua jenis BOP yang digunakan pada kegiatan HSD yaitu BOP M dan BOP V. Pada saat *running* peralatan HSD, korelasi *colar casing* dilakukan mulai dari *top depth*. Setelah dikorelasi, maka dapat segera ditentukan posisi *shooting depth*. *Shooting Depth* tidak boleh berada pada daerah *collar* karena dapat memutuskan susunan *casing* pada lubang sumur.

Setelah *shooting depth* didapat, maka arus listrik akan dialirkan dari unit melalui *wireline* ke peralatan HSD. Arus listrik sebesar 0,4-0,5 Amper akan mengaktifkan *white deto* yang berhambatan 52-54 Ohm yang kemudian akan memicu *Primacord*. *Primacord* tersebut kemudian akan meledak dan memberi tekanan besar pada *charge* sehingga *charge* akan meledak dan akan menembak sehingga casing, semen dan formasi dapat berlubang.

## 2.5. MASALAH PADA SUMUR PRODUKSI

### 2.5.1 Masalah Endapan (*Scale*)

Masalah endapan (*scale*) pada peralatan produksi minyak dan gas di permukaan dan di bawah permukaan telah diakui sebagai masalah operasional utama. Hal ini juga telah diakui sebagai penyebab utama kerusakan formasi baik dalam sumur injeksi atau sumur produksi. *Scale* menyebabkan keausan pada peralatan, korosi, dan pembatasan aliran, sehingga mengakibatkan penurunan produksi minyak dan gas (Li, Tang, Ye, Chen, & Zhou, 2017; Ephraim & Awajjogak, 2016).

#### 1. Masalah Terbentuknya Endapan (*scale*):

##### a. Bercampurnya dua jenis air yang berbeda

Dua jenis air yang sebenarnya tidak mempunyai kecenderungan untuk membentuk endapan. Apabila bercampur besar kemungkinan akan membentuk suatu komponen yang tidak larut.

##### b. Penurunan Tekanan

Penurunan tekanan ini dapat terjadi dari dasar sumur ke permukaan *Pad* saat air formasi mengalir dari reservoir menuju lubang sumur, maka akan terjadi penurunan tekanan.

##### c. Perubahan Temperatur

Pada saat terjadi perubahan temperatur, maka terjadi penguapan sehingga terjadi perubahan kelarutan. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya pembentukan pengendapan.

#### 2. Mekanisme Terbentuknya Endapan

##### a. Makin besar PH

Semakin besar PH cairan maka akan mempercepat terbentuknya *scale*. *Scale* biasanya terbentuk pada kondisi basa.

b. Kelarutan Zat Padat

Kelarutan zat padat yang dikandung oleh air sangat berperan dalam pembentukan endapan (*scale*).

## 2.6 PENELITIAN SEBELUMNYA

( Edward ML Tobing ) Di lihat dari penelitian yang mereka lakukan dalam jumlah untuk lubang perforasi lebih besar dari 12 spf kehilangan tekanan pada lubang perforasi di abaikan dan sumur tersebut akan mendekati kondisi sumur open hole. Sedangkan berdasarkan hasil penelitian perhitungan kehilangan tekanan sepanjang lubang perforasi yang mencakup data panjang lubang perforasi hingga mencapai 12 inch ternyata panjang lubang perforasi tidak memberikan perbedaan yang berarti.

Herianto (2018) melakukan suatu penelitian mengenai *matrix acidizing stimulation* pada formasi *sandstone* untuk meningkatkan porositas efektif. Berdasarkan hasil *well test* diketahui terdapat kerusakan formasi sehingga terjadi penurunan laju alir produksi. Salah satu cara untuk meningkatkan laju alir produksi tersebut dilakukan *stimulation* menggunakan metode *matrix acidizing*. Dalam melakukan peramalan laju alir produksi, peneliti tersebut menggunakan metode Pudjo Sukarno dengan membandingkan kurva IPR sebelum dilakukannya *acidizing* dan setelah dilakukannya *acidizing*. Berdasarkan kurva IPR yang diperoleh terlihat pada gambar 2.1 yang menandakan laju alir optimum pada sumur tersebut tidak optimal karena dipengaruhi oleh *formation damage*. Oleh sebab itu dilakukan *acidizing* untuk mendapatkan laju alir yang optimum. Dimana sebelum dilakukan *acidizing* diperoleh PI sebesar 0.169 bfpd / psi dan setelah dilakukan *acidizing* didapatkan PI sebesar 0.539 bfpd / psi.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan studi lapangan atau *case study*. Dimana data yang akan digunakan dalam penelitian berasal dari PT Elnusa Tbk. Perkiraan data yang akan digunakan dalam penelitian ini berupa data produksi, histori sumur, dan data reservoir pada lapangan tersebut. Setelah itu dilakukan perhitungan laju alir pada perforasi dan perhitungan produktivitas index, sehingga akan diketahui besarnya laju alir optimum.

##### 3.1.1 Studi Literatur

Merupakan data yang diperoleh dari buku-buku, jurnal, artikel serta referensi yang relevan sebagai bahan tambahan untuk menjawab tujuan penelitian berdasarkan tema yang diambil mengenai laju alir optimum minyak.

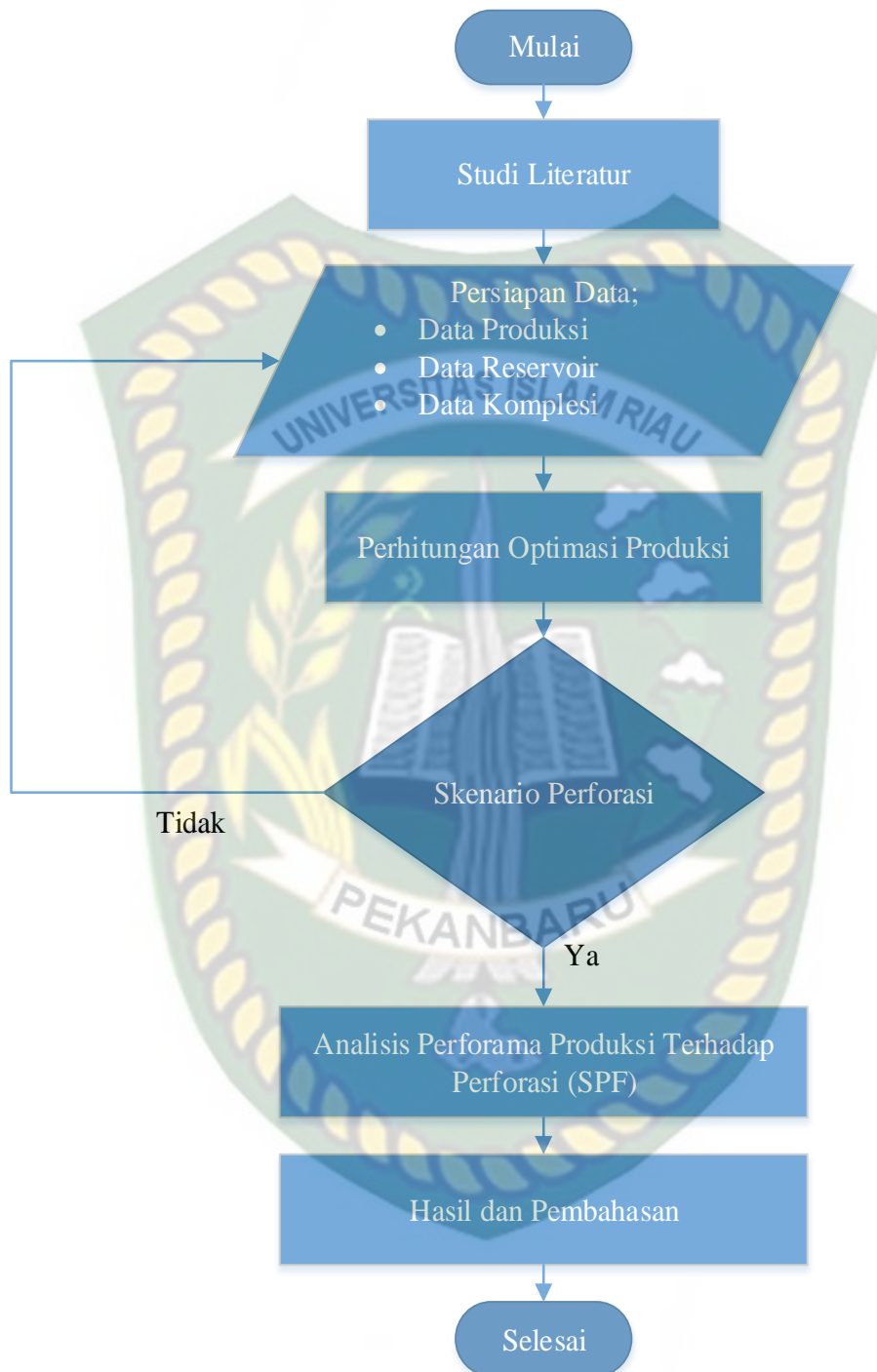
##### 3.1.2 Metode Orientasi Lapangan

Dimana data diperoleh dari pembelajaran secara langsung tentang “Perhitungan Optimasi Laju Alir Minyak Pada Perforasi Pada Sumur X Lapangan F”. Berdasarkan hal itulah penulis mendapatkan sumber data dalam pembuatan laporan, seperti data latar belakang lapangan, lingkup pekerjaan, tata waktu, dan laju produksi dalam mengoptimalkan produksi sesuai dengan penelitian yang akan dilakukan.

##### 3.1.3 Metode Wawancara

Pada metode wawancara ini, data-data yang didapatkan dari hasil konsultasi langsung dengan pembimbing lapangan di PT. Elnusa Tbk. menyangkut permasalahan yang terjadi yaitu pengaruh laju alir produksi terhadap kerapatan perforasi (SPF), kemudian dilakukan perhitungan yang bertujuan untuk mendapatkan laju alir produksi optimum.

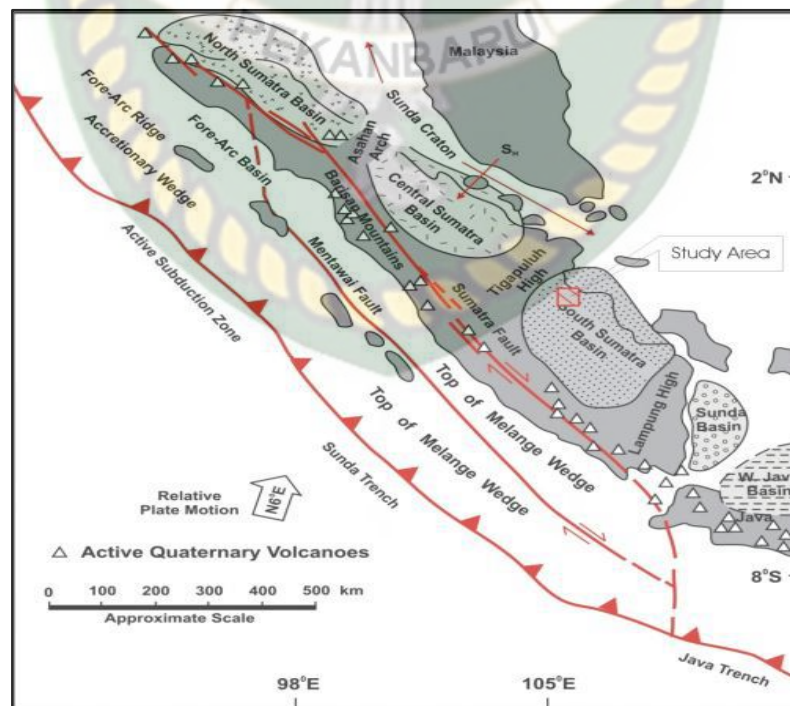
### 3.2 FLOW CHART PENELITIAN



Gambar 3.1 Flow chart Penelitian

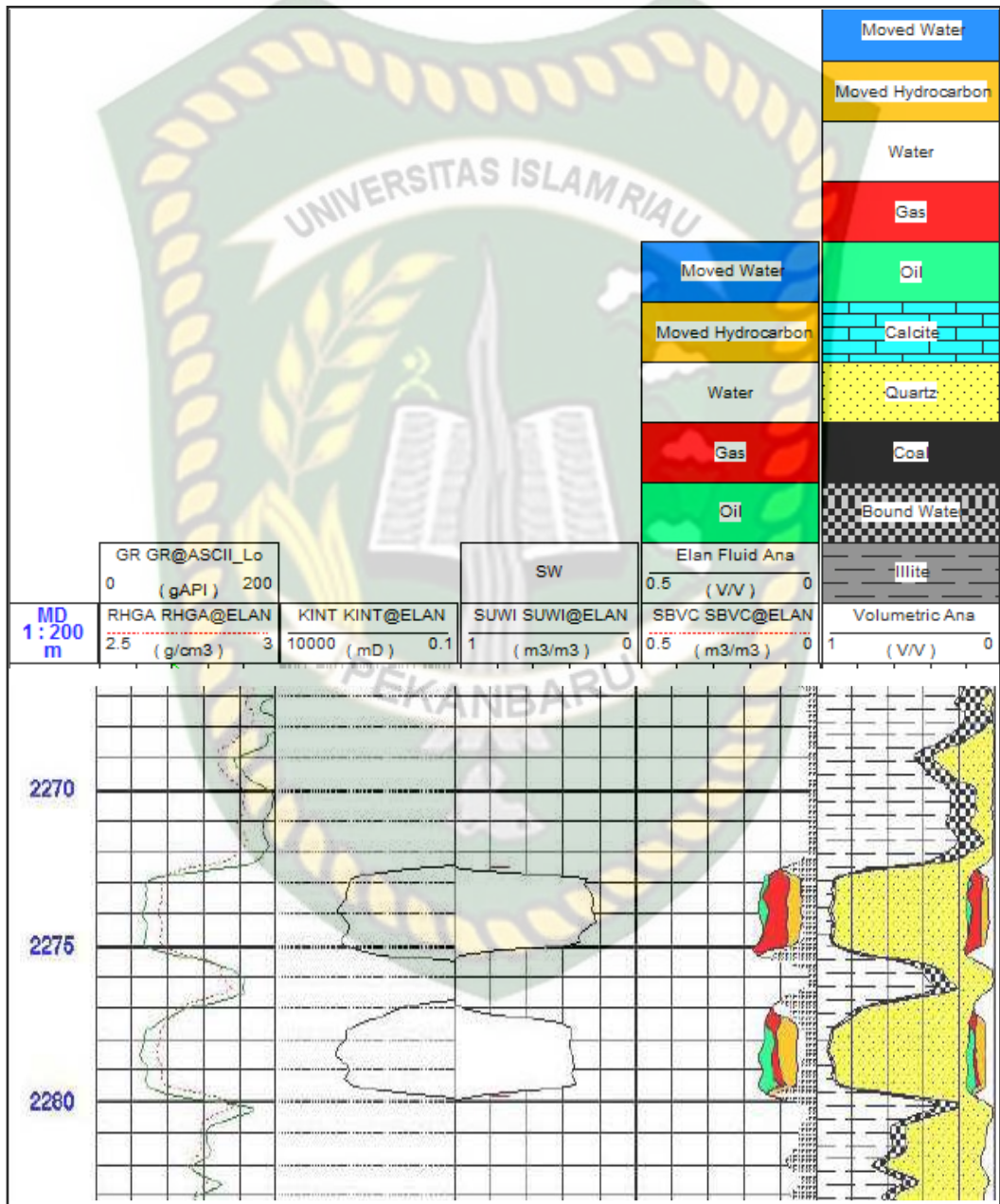
### 3.3 FIELD OVERVIEW

Lapangan Prabumulih merupakan lapangan yang terletak di provinsi Sumatra Selatan. Secara garis besar dipulau Sumatra terdapat 3 cekungan yang terdiri dari cekungan *Central Sumatra Basin North Sumatra Basin* dan *South Sumatra Basin* (Pratama, Suharno, & Zaenudin, 2009). gambar 3.1 memperlihatkan bentuk penyebaran 3 cekungan tersebut. Pada penelitian ini difokuskan pada cekungan Sumatra Selatan, lapangan Prabumulih yang dikelola oleh PT. Pertamina EP Asset 2 Prabumulih. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pratama, Suharno & Zaenudin, (2009) pada lapangan minyak Prabumulih diidentifikasi *source rock* bersumber dari batuan *shale* formasi Talang Akar dan Lahat, kemudian hidrokarbon tersebut bermigrasi dan terakumulasi pada batu pasir formasi Talang Akar hal ini telah terbukti dengan adanya produksi minyak pada sumur *existing*, adanya akumulasi minyak ini tidak lepas karena adanya batuan penyekat sehingga pergerakan minyak terhambat oleh batuan tersebut. Batuan penyekat atau *cap rock* lapangan ini merupakan formasi *shale* terletak pada formasi Talang akar. Perangkap reservoir lapangan Prabumulih berupa perangkap struktur dan stratigrafi.



Gambar 3.2 Struktur regional cekungan Sumatra.

Berdasarkan *quick look interpretation* gambar 3.2 stratigrafi lapangan Talang Jimar Prabumulih didominasi oleh batu pasir yang terlihat dari adanya separasi log GR yang menyimpang kekiri, secara kualitatif zona minyak terbagi menjadi 2 *cluster* (top & bottom) pada bagian atas berada pada kedalaman 2273 - 2275 m sedangkan pada bagian bawah berada pada kedalaman 2270 – 2280 m.



**Gambar 3.3** Evaluasi formasi lapangan Talang Jimar Prabumulih (Pratama, Suharno, & Zaenudin, 2009)

Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 dan 3.2 berupa data kompleksi sumur X, data produksi dan data reservoir.

**Tabel 3.1 Reservoir and Production Data**

No	Nama Data	Simbol	Satuan	Sumur X
1	<i>Gross Oil</i>	Q	BFPD	759
2	<i>Water Cut</i>	WC	Fraksi	0.90
3	<i>Gas oil Ratio</i>	GOR	Scf/stb	131.75
4	<i>Spesific Gravity Oil</i>	SGo	-	0.91
5	<i>Spesific Gravity Watter</i>	SGw	-	1.05
6	<i>Spesific Gravity Gas</i>	SGg	-	0.75
7	<i>Bottom Hole Temperatur</i>	BHT	°f	284.00
8	<i>Top Perforation</i>	TP	Ft	7591.87
9	<i>Bottom Perforation</i>	BP	Ft	7601.71
10	Tekanan Statik Sumur	Pws	Psi	1076
11	Tekanan Alir Dasar Sumur	Pwf	Psi	613
12	Tekanan Kepala Sumur	Pwh	Psi	80
13	Ukuran Casing	Dc	in (DC)	7"
14	Ukuran Tubing	Dt	in (OD)	3 ½"
15	Faktor Kompresibilitas gas	Z	-	0,92
16	<i>Static Fluid Level</i>	SFL	Ft	2622
17	<i>Dynamic Fluid Level</i>	DFL	Ft	3918
18	Kerapatan Perforasi	SPF	SPF	6
19	Panjang Perforasi	L	ft	9.84
20	ID Casing	ID	Inch	6.875
21	Wellbore Diameter	-	Inch	9.875
22	Perforation Diameter	-	Inch	0.51
23	Oil Factor Volume Formation	Bo	bbl/stb	1.083
24	Oil Density	Po	lbm/ cuf	30
25	Viscosity	u	cp	2.5
26	Permeabilty	k	md	200
27	Ketebalan reservoir	h	ft	30

### 3.4 PERHITUNGAN LAJU ALIR DAN PERAMALAN KURVA IPR

#### 3.4.1 Perhitungan Laju Alir

Ada beberapa langkah perhitungan yang perlu dilakukan untuk mengetahui laju alir dan kehilangan tekanan sepanjang perforasi.

1. Hitung permeabilitas zona tekompaksi ( $Kc$ )

- a. Underbalanced  $Kc = 0.1 \times k$ .....(4)

- b. Overbalanced  $Kc = 0.4 \times k$ .....(5)

2. Hitung koefisien turbulensi ( $\beta$ )

$$\beta = \frac{2.33 \times 10^{10}}{Kc^{1.201}} \dots\dots\dots(6)$$

3. Hitung jari-jari zona terkompaksi ( $rc$ )

$$rc = \text{jari - jari lubang perforasi } (rp) + 0.5 \dots\dots\dots(7)$$

4. Hitung panjang lubang perforasi dibelakang casing

$$Lp = L - \frac{(\text{Ukuran lubang bor-ID casing})}{2} \dots\dots\dots(8)$$

5. Hitung konstanta aliran laminar ( $C$ )

$$C = \frac{Bo \times \mu_o \times \ln\left(\frac{rc}{rp}\right)}{7.08 \times 10^{-3} \times Kc \times Lp} \dots\dots\dots(9)$$

6. Hitung konstanta aliran turbulen ( $D$ )

$$D = \frac{2.30 \times 10^{-14} \times \beta (Bo)^2 \times \rho_o}{Lp^2} \times \left(\frac{1}{rp} - \frac{1}{rc}\right) \dots\dots\dots(10)$$

7. Hitung jumlah seluruh lubang perforasi dalam selang perforasi

$$\Sigma \text{ perforasi} = \text{selang perforasi} \times \text{kerapatan perforasi} \dots\dots\dots(11)$$

8. Tentukan beberapa laju produksi dan hitung laju produksi per lubang perforasi

$$\frac{q}{\text{perforasi}} = \frac{q}{\Sigma \text{ perforasi}} \dots\dots\dots(12)$$

9. Substitusikan konstanta C dan D ke dalam persamaan kehilangan tekanan sepanjang perforasi

$$Pwfs - Pwf = C(q_o) + D(q_o)^2 \dots\dots\dots(13)$$

### 3.4.2 Peramalan Kurva IPR

Ada beberapa langkah perhitungan yang perlu dilakukan untuk pembuatan peramalan kurva IPR menggunakan metode Pudjo Sukarno.

1. Menghitung nilai  $P_1$  dan  $P_2$  yang berdasarkan nilai *Watercut* ( $W_c$ )

$$P_1 = 1.606207 - 0.130447 \times \ln(W_c) \dots\dots\dots(14)$$

$$P_2 = -0.517792 + 0.110604 \times \ln(W_c) \dots\dots\dots(15)$$

2. Menghitung nilai  $W_c@P_{wf}=P_r$

$$W_c@P_{wf}=P_r = \frac{\text{watercut}}{P_1 \times \text{EXP} \times (P_2 \times \frac{P_{wf}}{P_r})} \dots\dots\dots(16)$$

3. Menghitung nilai konstanta  $A_0$ ,  $A_1$ , dan  $A_2$  berdasarkan nilai  $W_c@P_{wf}$

$$A_n = C_0 + C_1(\text{watercut}) + C_2(\text{watercut})^2 \dots\dots\dots(17)$$

4. Menghitung laju alir produksi maksimum berdasarkan nilai  $A_1$ ,  $A_2$ , dan  $A_3$

$$Q_{\max} = \frac{Q_o}{A_0 + A_1(\frac{P_{wf}}{P_r}) + A_2(\frac{P_{wf}}{P_r})^2} \dots\dots\dots(18)$$

5. Menghitung laju alir produksi berdasarkan harga  $Q_{\max}$

$$Q_o = Q_{\max} \times (A_0 + A_1(\frac{P_{wf}}{P_r}) + A_2(\frac{P_{wf}}{P_r})^2) \dots\dots\dots(19)$$

Berdasarkan table 3.3 dapat dilihat perbedaan konstanta pada masing-masing SPF dengan perbandingan jari – jari perforasi ( $r_p$ ) lebih besar dari 0.30 inch dan sama dengan 0.30 inch.

**Tabel 3.2** Konstanta Teknik perforasi Teknik *overbalance*

$r_p$ , inch	SPF	$a_0$	$a_1$	$a_2$
> 0.30	16	0.919949	0.080715	-0.971174
	12	0.904824	0.088807	-0.965339
	8	0.873339	0.107148	-0.953643
	4	0.775025	0.125294	-0.877809
	2	0.617095	0.266323	-0.869830
= 0.30	16	0.839253	0.120376	-0.932833
	12	0.795053	0.149348	-0.919881
	8	0.735070	0.115473	-0.826865
	4	0.576573	0.099558	-0.653317
	2	0.332471	0.207838	-0.524871

Sumber: (Tobing, 2007)

### 3.5 TEMPAT PENELITIAN/PENGAMBILAN DATA

Pada penelitian ini peneliti akan melakukan pengambilan data di PT Elnusa Tbk yang berlokasi di kota Prabumulih Sumatera Selatan.

### 3.6 JADWAL PENELITIAN

Penelitian ini akan dilakukan selama 5 bulan yang terhitung dari bulan Juli sampai dengan November tahun 2020. Adapun jadwal kegiatan yang akan dilakukan selama melakukan penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.3.

No	Kegiatan	Juli				Agustus				Sept				Okt				Nov			
		1	2	3	4	1	2	3	4	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	Analisis Hasil																				
6	Pembahasan dan Kesimpulan																				
7	Sidang Tugas Akhir																				

**Tabel 3.3** Jadwal Penelitian

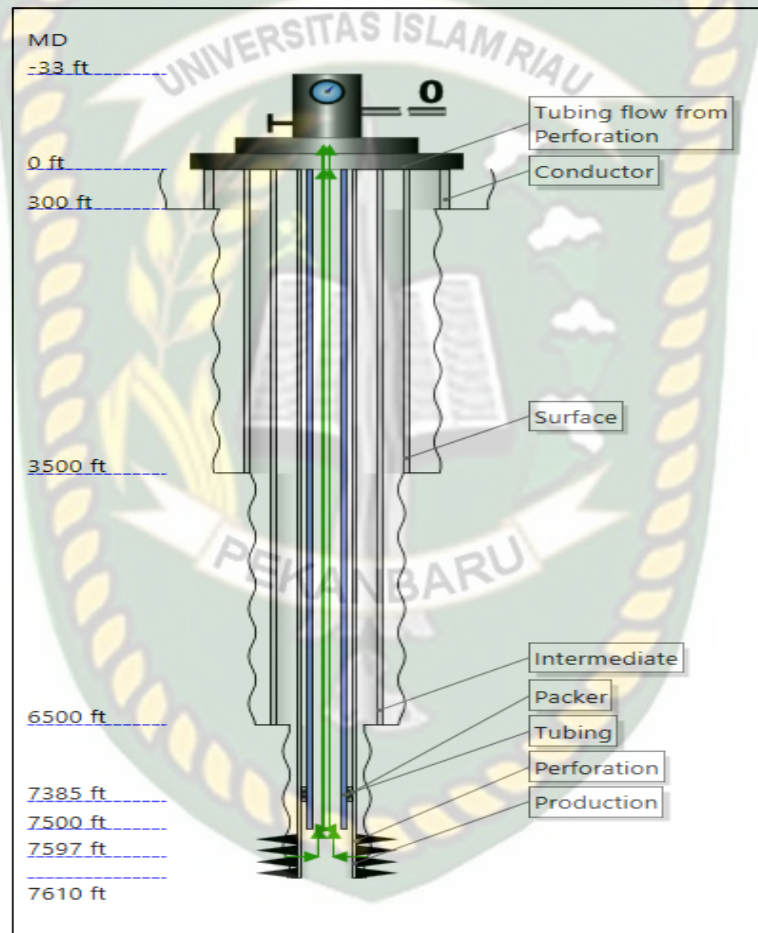


## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1 WELLBORE SCHEMATIC

*Wellbore schematic* mengidentifikasi kompleksi utama yang berada di dalam lubang sumur, selain itu *wellbore schematic* memberikan informasi mengenai dimensi dan kedalaman sumur. *Wellbore schematic* pada sumur X lapangan F dapat dilihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Well schematic pada sumur X lapangan F

Dari gambar 4.1 diketahui bahwa sumur X lapangan F merupakan sumur vertikal dengan kedalaman TVD 7610 ft, dengan ukuran *wellbore diameter* sebesar 9.875 inch, dan ukuran ID *casing* sebesar 6.875 inch. Sumur X memiliki kerapatan *perforation* sebesar 6 SPF, panjang *perforation* sebesar 9.84 ft, *perforation diameter* sebesar 0.51 inch. Dimana *top perforation* berada di 7591.87 ft dan *bottom perforation* di 7601.71 ft.

## 4.2 PERHITUNGAN LAJU ALIR PADA PERFORASI

Setelah dilakukan perforasi dilakukan perhitungan laju alir produksi minyak pada tiap lubang perforasi, pemilihan tipe perforasi ini sangat berpengaruh terhadap terkompaksinya permeabilitas yang akan berpengaruh pada koefisien turbulensi, jari-jari zona terkompaksi dan konstanta aliran (Darwesh, 2014). Oleh sebab itu pada sumur X dipilih tipe perforasi *underbalance perforation* dengan kerapatan 6 SPF, apabila nilai kompaksi permeabilitas tinggi tentu akan menyebabkan turunya permeabilitas disekitar lubang sumur sehingga akan menghambat aliran fluida reservoir masuk kedalam sumur dan akan berpengaruh terhadap turunnya laju alor produksi. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tahapan perhitungan terdapat pada lampiran 1 dan 2. Dalam menentukan laju alir tiap perforasi tahapan pertama adalah menghitung kompaksi permeabilitas apabila perforasi dilakukan dengan teknik *underbalance* maka nilai Kc dikalikan dengan 0,4 sedangkan teknik perforasi *overbalance* dikalikan 0,1. Panjang perforasi sumur X adalah 9,84 ft dengan kerapatan perforasi 6 SPF maka jumlah total lubang perforasi sebanyak 59 dengan laju alir masing – masing lubang perforasi sebesar 12,86 bbl/d.

**Tabel 4.1** Perhittungan Laju Alir Pada Tiap Perforasi

No.	Langkah Perhitungan	Simbol	Hasil
1	<i>Permeability Compaction</i> , md	Kc	20.0
2	Koefisien turbulensi	B	6.38E+08
3	Jari – jari zona terkompaksi, inch	rc	0.755
4	Panjang Perforasi dibelakang casing, inch	Lp	8.34
6	Konstanta aliran laminar, C	C	29.863
7	Konstanta aliran turbulen, D	D	0.0333
8	Kehilangan tekanan sepanjang perforasi, psi	dP	389.41
	Kerapatan Perforasi, SPF	SPF	6
9	Jumlah lubang perforasi	-	59
10	Laju produksi total & laju produksi setiap perforasi, bbl/d/perf	Q	12.86

Tabel 4.2 Laju Alir Produksi Pada Tiap Lubang Perforasi

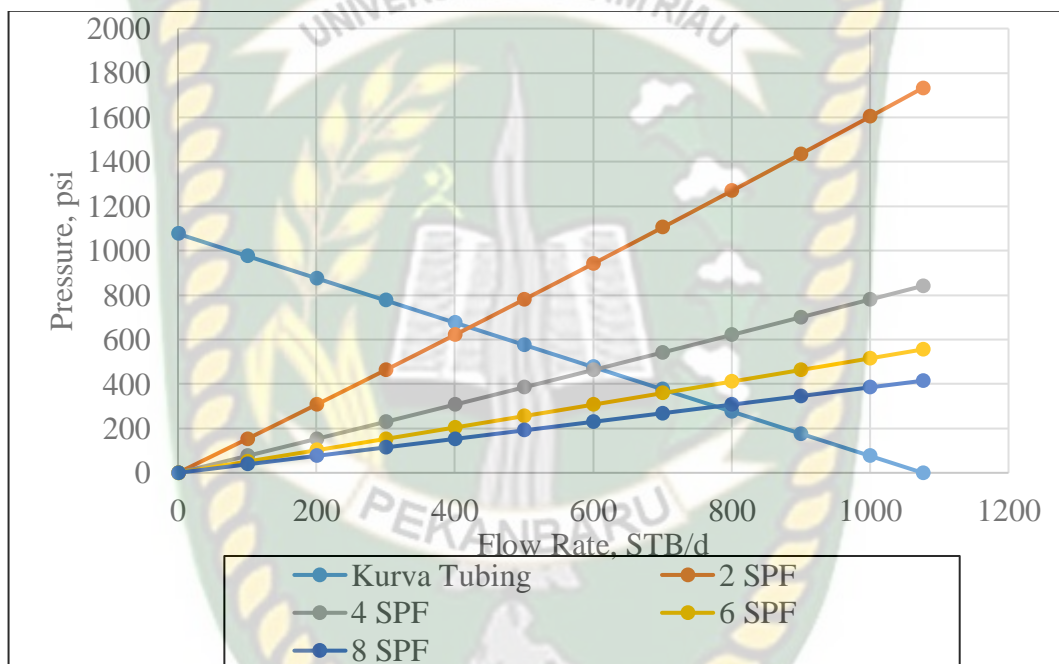
Laju Produksi, bbl/d	2 SPF		4 SPF		6 SPF		8 SPF	
	q/ perf, bbl/d	dP, Psi	q/ perf, bbl/d	dP, Psi	q/ perf, bbl/d	dP, Psi	q/ perf, bbl/d	dP, Psi
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100	5.1	152.6	2.5	76.1	1.7	50.7	1.3	38.0
200	10.2	306.9	5.1	152.6	3.4	101.5	2.5	76.1
300	15.2	463.0	7.6	229.5	5.1	152.6	3.8	114.3
400	20.3	620.7	10.2	306.9	6.8	203.9	5.1	152.6
500	25.4	780.2	12.7	384.7	8.5	255.3	6.4	191.0
600	30.5	941.4	15.2	463.0	10.2	306.9	7.6	229.5
700	35.6	1104.3	17.8	541.6	11.9	358.7	8.9	268.2
800	40.7	1269.0	20.3	620.7	13.6	410.8	10.2	306.9
900	45.7	1435.3	22.9	700.3	15.2	463.0	11.4	345.8
1000	50.8	1603.4	25.4	780.2	16.9	515.4	12.7	384.7
1076	54.7	1732.3	27.3	841.3	18.2	555.3	13.7	414.4

Pada tabel 4.2 memperlihatkan pengaruh kerapatan perforasi terhadap laju alir produksi dan perubahan tekanan. Laju alir produksi tiap lubang perforasi akan menurun seiring dengan bertambahnya kerapatan perforasi namun, apabila dijumlahkan laju alir tiap kerapatan perforasi (SPF) menunjukkan hasil yang sama. Parameter yang sangat berpengaruh dalam hal ini yaitu perubahan tekanan ( $dP$ ) yang sangat signifikan, seperti kerapatan perforasi 2 SPF yang memperlihatkan perubahan tekanan yang sangat besar dibandingkan 4, 6, dan 8 spf hal ini terjadi karena adanya *friction loss* yang sangat besar, artinya dengan menambahkan kerapatan perforasi maka kita dapat meminimalisir perubahan tekanan ( $dP$ ) dengan demikian laju alir produksi dapat ditingkatkan (Salim, Sultan, & AL-Shara, 2017). Berdasarkan laju alir produksi pada tiap lubang perforasi ( $q/$  perf) diperoleh hubungan antara laju alir produksi dengan perbedaan tekanan ( $dP$ ) dengan adanya hubungan ini maka dapat diperoleh laju alir optimum. Tabel 4.3 memperlihatkan apabila  $P_{wf}$  semakin kecil maka laju alir produksi tiap perforasi akan meningkat.

**Tabel 4.3** Opimasi Laju Alir Produksi Optimum

Laju Produksi, bbl/d	$P_{wf}$ , Psi	q vs $dP$ (6 SPF)	
		q/ perf, bbl/d	$dP$ , Psi
0	1076	0.0	0.0
100	976	1.7	50.7
200	876	3.4	101.5
300	776	5.1	152.6
400	676	6.8	203.9
500	576	8.5	255.3
600	476	10.2	306.9
700	376	11.9	358.7
800	276	13.6	410.8
900	176	15.2	463.0
1000	76	16.9	515.4
1076	0	18.2	555.3

Berdasarkan laju alir produksi maka dapat digambarkan laju produksi dan tekanan seperti yang terlihat pada gambar 4.2 masing – masing kerapatan perforasi mempunyai laju alir optimum yang berbeda-beda semakin tinggi tingkat kerapatan perforasi maka laju produksi optimum akan meningkat. Pada sumur X kerapatan perforasi sebesar 6 SPF didapatkan laju produksi optimum sebesar 705 STB/d. Analisis sensitivitas kerapatan perforasi pada gambar 4.2 penulis menyarankan sebaiknya pada sumur X menggunakan perforasi dengan 8 SPF maka didapatkan kenaikan produksi sebesar 88 STB/d dan laju produksi optimum sebesar 793 STB/d.



**Gambar 4.2** Kurva Laju alir Optimum

Pada tabel 4.4 memperlihatkan kenaikan laju produksi pada tiap kerapatan perforasi. Perbedaan produksi ini menandakan kerapatan perforasi 8 SPF sudah optimum yang mana laju produksi yang diperoleh sebesar 705 STB/ d. Sedangkan selisih produksi 2 dan 4 SPF sebesar 176 STB/ d. Berdasarkan kenaikan produksi terhadap kerapatan perforasi menunjukkan jarak antar lubang perforasi yang terlalu jauh dengan kata lain kerapatan perforasi ini tidak optimal hal ini berdasarkan analisis pendekatan plot antara tekanan dan laju produksi pada gambar 4.2.

**Tabel 4.4** Pengaruh Laju Produksi Terhadap Kerapatan Perforasi

Kerapatan Perforasi, SPF	Laju Produksi, STB/D
2	424
4	600
6	705
8	793

### 4.3 PERAMALAN METODE PUDJO SUKARNO

Peramalan kurva IPR pada sumur X lapangan F dilakukan menggunakan metode Pudjo Sukarno karena nilai skin sama dengan nol dan aliran fluida reservoir mengalir secara radial (Wicaksana, 2011). Peramalan kurva IPR ini berguna untuk menentukan laju alir optimum pada sumur X lapangan F. Dalam melakukan peramalan kurva IPR menggunakan metode Pudjo Sukarno, ada parameter yang harus diketahui sebelum melakukan peramalan, dimana *watercut* merupakan salah satu parameter dalam peramalan kurva IPR. Pada kondisi tekanan reservoir tertentu, nilai dari *watercut* akan berubah sesuai dengan perubahan tekanan alir dasar sumur (pwf). Adapun data-data yang digunakan dalam perhitungan peramalan kurva IPR tersebut dapat dilihat pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Parameter yang digunakan dalam pembuatan kurva IPR

Parameter	Hasil
SG mix	1.04
Gf, psi/ft	0.45
P1	1.02
P2	-0.02
WC, %	89.32
A0	0.09
A1	-0.06
A2	-0.05
Qt <sub>max</sub> , bpd	1931.83

Berdasarkan tabel 4.5 sumur X lapangan F memiliki harga *watercut* sebesar 89.32%, harga *watercut* ini diperoleh dari hasil uji produksi pada sumur tersebut. *Watercut* menjadi dasar dalam perhitungan P1 dan P2, dimana masing-

masing bernilai 1.02 dan -0.02. A0, A1, dan A2 merupakan konstanta persamaan yang digunakan pada metode Pudjo Sukarno berdasarkan harga *watercut*. Setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai A0 sebesar 0.09, A1 sebesar -0.06, dan A2 sebesar -0.05. Setelah diperoleh konstanta A0, A1, dan A2, selanjutnya dilakukan perhitungan laju alir maksimum ( $Q_{t_{max}}$ ), dimana pada sumur X lapangan F memiliki laju alir maksimum sebesar 1931.83 bpd.

Setelah diperoleh laju alir maksimum pada sumur X lapangan F, langkah selanjutnya perlu dilakukan perhitungan laju alir minyak ( $Q_o$ ) menggunakan asumsi dari masing-masing tekanan alir dasar sumur (pwf) berdasarkan nilai laju alir maksimum ( $Q_{t_{max}}$ ). Adapun nilai asumsi tekanan alir dasar sumur (pwf) yang digunakan dan laju alir minyak ( $Q_o$ ) yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.6.

**Tabel 4.6** Harga laju alir minyak pada berbagai tekanan alir dasar sumur

Pwf, Psi	Qo, bopd
1076	0.00
900	10.39
800	34.63
700	57.36
613	75.90
600	78.57
500	98.27
400	116.45
300	133.12
200	148.27
100	161.91
0	174.04

Berdasarkan tabel 4.6 diperoleh nilai laju alir minyak ( $Q_o$ ) terkecil sebesar 10.39 bopd dengan tekanan alir dasar sumur (pwf) sebesar 900 psi dan nilai laju alir minyak ( $Q_o$ ) terbesar sebesar 174.04 bopd dengan tekanan alir dasar sumur (pwf) sebesar 0 psi, sedangkan pada tekanan alir dasar sumur (pwf) sebesar 613 psi nilai laju alir minyak ( $Q_o$ ) diperoleh sebesar 75.90 bopd.

Selain laju alir minyak ( $Q_o$ ), perlu dilakukan perhitungan laju alir air ( $Q_w$ ) berdasarkan harga *watercut* untuk masing-masing asumsi tekanan alir dasar sumur ( $p_{wf}$ ) yang digunakan. Hasil dari perhitungan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.7.

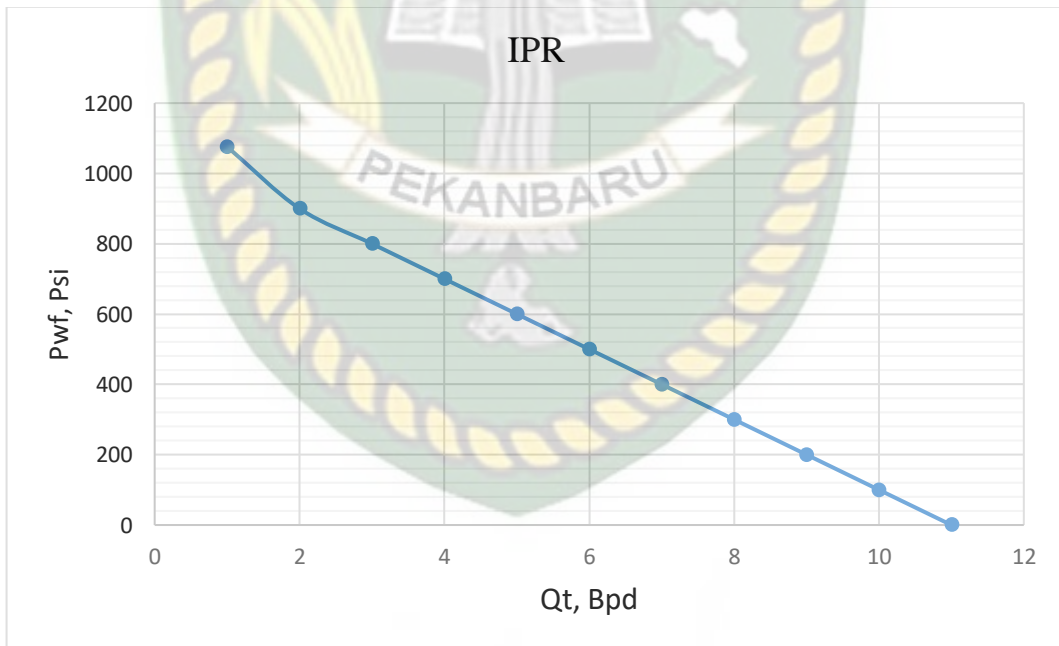
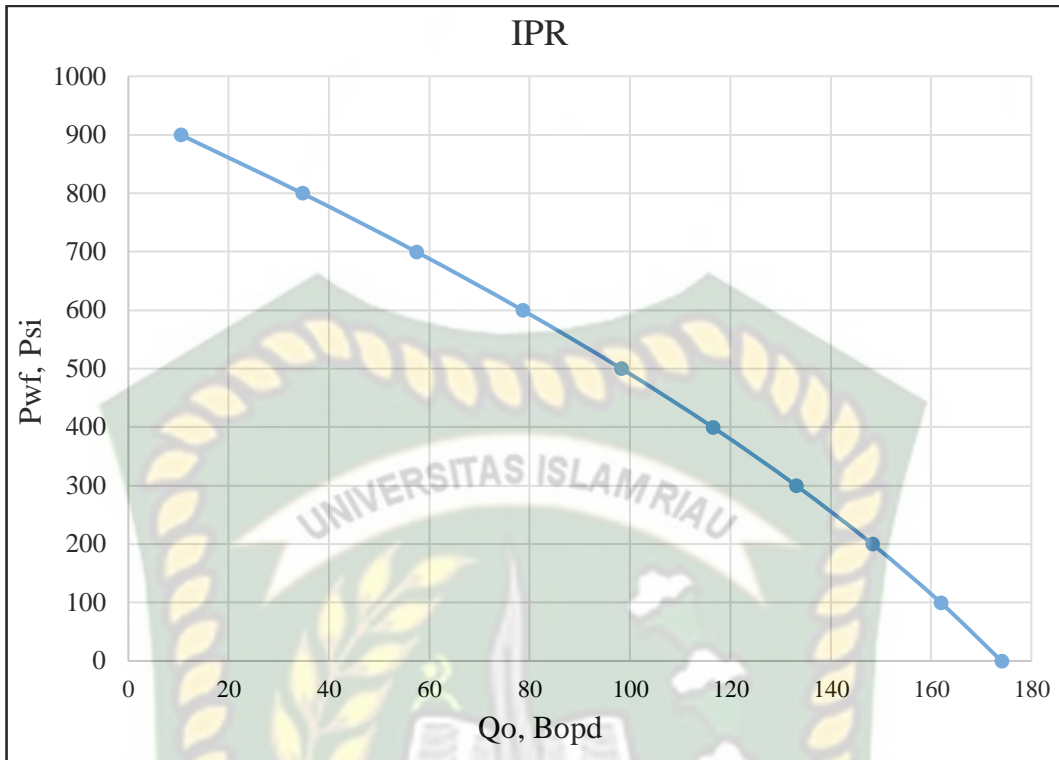
**Tabel 4.7** Harga *watercut* dan laju alir pada berbagai tekanan alir dasar sumur

<b>Pwf, Psi</b>	<b>WC, %</b>	<b>Qo, bopd</b>	<b>Qw, bwpd</b>	<b>Qt, bpd</b>
1076	89.23	0.00	0.00	0.00
900	89.52	10.39	88.71	99.10
800	89.69	34.63	301.13	335.76
700	89.85	57.36	507.97	565.33
600	90.02	78.57	708.87	787.44
500	90.19	98.27	903.48	1001.75
400	90.36	116.45	1091.41	1207.87
300	90.53	133.12	1272.25	1405.37
200	90.70	148.27	1445.54	1593.81
100	90.87	161.91	1610.80	1772.71
0	91.04	174.04	1767.51	1941.55

Berdasarkan tabel 4.7 dengan tekanan alir dasar sumur ( $p_{wf}$ ) sebesar 900 psi menghasilkan laju alir minyak ( $Q_o$ ) sebesar 10.39 bopd, laju alir air ( $Q_t$ ) sebesar 88.71 bwpd, dengan laju alir maksimum ( $Q_t$ ) sebesar 99.10 bpd dan harga *watercut* sebesar 89.52%. Pada tekanan alir dasar sumur ( $p_{wf}$ ) sebesar 0 psi menghasilkan laju alir minyak ( $Q_o$ ) sebesar 174.04 bopd, laju alir air ( $Q_t$ ) sebesar 1767.51 bwpd, dengan laju alir maksimum ( $Q_t$ ) sebesar 1941.55 bpd dan harga *watercut* sebesar 91.04%.

Pembuatan peramalan kurva IPR dilakukan setelah semua perhitungan sudah dilakukan, dengan menghubungkan tekanan alir dasar sumur ( $p_{wf}$ ) dan laju alir maksimum ( $Q_t$ ) yang didapat pada sumur X lapangan F, dimana nilai tekanan alir dasar sumur ( $p_{wf}$ ) mewakili sumbu Y (vertikal) dan laju alir maksimum ( $Q_t$ ) mewakili sumbu X (horisontal). Peramalan kurva IPR menggunakan metode Pudjo Sukarno dapat dilihat pada gambar 4.3.





**Gambar 4.3** Kurva IPR sumur X lapangan F

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Berdasarkan pembahasan yang sudah dijabarkan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut;

1. Laju produksi pada kerapatan perforasi 6 SPF dengan total perforasi sebanyak 59 dengan panjang perforasi 9.84 inch didapatkan laju produksi pada tiap perforasi sebesar 12.86 bbl/d/perf. Berdasarkan hasil analisis kerapatan perforasi optimum sebesar 8 SPF terbukti dapat meningkatkan laju produksi sebesar 88 bbl/d. Pada kerapatan perforasi 2, 4, dan 6 SPF mengakibatkan kehilangan tekanan diperforasi yang signifikan sehingga laju produksi menjadi rendah.
2. Peramalan IPR dengan metode Pudjo Sukarno didapatkan laju produksi minyak sebesar 75.9 bpd dan laju produksi total sebesar 1931.83 bpd.

#### **5.2 SARAN**

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yang mengacu pada kesimpulan diatas maka penulis menyarankan untuk melakukan analisis optimasi produksi dengan membandingkan produktifitas sumur dengan kompleks *open hole* dan *case hole*

## DAFTAR PUSTAKA

- Al Zahrani, R. A., Al-Nasser, H. R., Collen, W. T., & Khade, S. (2009). Case Study First Successful Offshore ESP Project in Saudi Arabia. *SPE Society of Petroleum Engineers*.
- Albokhari, N., & Almubarak, T. (2015). IPR Utilization in Optimizing Wells' Production under Rigorous Flow Conditions. *SPE Society of Petroleum Engineers*.
- Alexandri, A. (2018). Peran Penting Perencanaan Kompleksi Formasi dalam Keberhasilan Kompleksi Sumur. *Swara Patra*.
- Allison, S., Lohken, J., Nelis, M. L., Djayapertapa, L., Byrne, M., Watson, K., & Clarke, A. (2015). Understanding Perforation Geometry Influence on Flow Performance Using CFD. *SPE Society of Petroleum Engineers*.
- Araki, N., & Morita, N. (2020). Quantitative Analysis of the Effect of Perforation Interaction on Perforation Stability Using the Finite Element Method. *SPE Society of Petroleum Engineers*.
- Batarseh, S., & Alerigi, D. S. (2019). Laser Perforation The Smart Completion. *SPE Society of Petroleum Engineers*.
- Burkey, T., Craddock, G. G., & Lavery, J. (2018). Perforation Performance Simulation in Complex Multicasing Scenarios. *SPE Society of Petroleum Engineering*.
- Darwesh, M. G. (2014). *The effect of perforation technology on the productivity of hydrocarbon wells*. Miskolc: University of Miskolc.
- Elsharafi, M. O., & Bodi, T. (2017). Evaluation of the productivity of vertical oil wells by using different high shot density (HSD) guns. *International Journal of Petrochemical Science & Engineering*, 2(2), 52-64.
- Ephraim, O., & Awajiogak, U. (2016). Determining the Rates for Scale Formation in Oil Wells. *International Journal of Engineering Research and Application*, 6(9), 62-66.
- Farid, J. (2012). *Importance Of Perforation Process and Its Techniques*. Canada: Dalhousie University.
- He, L., Feng, W., Yucai, W., & Jianlong, C. (2014). Oil well perforation technology: Status and prospects. *PETROLEUM EXPLORATION AND DEVELOPMENT*.

- Herawati, I., Novrianti, & Suyandi, A. (2015). Evaluasi Peningkatan Produksi Pada Formasi Sandstone Sumur #H Dan #P Dengan Perencanaan Stimulasi Pengasaman Matriks (Studi Kasus Lapangan Falih). *Journal Of Earth Energy Engineering*, 4(2), 1-14.
- Herianto. (2018). Improving Effective Porosity of Rocks with Matrix Acidizing Stimulation on Sand Stone Formation. *International Journal Of Innovative Research & Development*, 282-292.
- Iqbal, A., Kasmungin, S., & Pratiwi, R. (2017). EVALUASI KINERJA RESERVOIR DENGAN INJEKSI AIR PADA PATTERN 8 LAPANGAN "TQL". *ISSN (P) : 2460 - 8696*, 13-18.
- Li, J., Tang, M., Ye, Z., Chen, L., & Zhou, Y. (2017). Scale formation and control in oil and gas fields: A review. *JOURNAL OF DISPERSION SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 38(5), 661-670.
- Mahmud, H. B., Leong, V. H., & Lestariyono, Y. (2020). Sand production: A smart control framework for risk mitigation. *Petroleum*, 6(1), 1-13.
- Musnal, A., & Fitrianti. (2017). Optimasi Gas Injeksi Pada Sembur Buatan Gas Lift Untuk Meningkatkan Besarnya Laju Produksi Minyak Maksimum Dan Evaluasi penghentian Kegiatan Gas Lift, Pada Lapangan Libo PT. Chevron Pacific Indonesia Duri. *Jurnal of Earth Energy Engineering*, 36-47.
- Musnal, A. (2012). Analisa Kerusakan Formasi Akibat Pekerjaan Perforasi Dengan Menggunakan Metoda Yildiz Pada Sumur FR 168, Sumur 154, dan Sumur 148 Di Lapangan X. *Jurnal of Eart, Energy, Engineering*, 9-21.
- Musnal, A. (2014). Perhitungan Laju Aliran Fluida Kritis Untuk Mempertahankan Tekanan Reservoir Pada Sumur Ratu Di Lapangan Kinantan. *Jurnal Earth Energy Engineering*.
- Musnal, A. (2015). Optimasi Perhitungan Laju Alir minyak Dengan Meningkatkan Kinerja Pompa Hydraulic Pada Sumur Minyak Di Lapangan PT. KSO Pertamina Sarolangon Jambi. *JEEE Jurnal of Energy Engineering*, 70-77.
- Novrianti. (2017). Studi Kelayakan Pekerjaan Pemilihan Zona Produksi dan Squeeze off Cementing pada Sumur MY05. *JEEE Jurnal Earth Energy Engineering* .
- Renpu, W. (2011). *Advanced Well Completion Engineering* (3rd ed.). USA: Gulf Professional Publishing.

- Salim, M., Sultan, H., & AL-Shara , A. (2017). Effect of Shape and Parameters of Perforation in a Vertical Wellbore with Two Perforations (without Porous Media) on Pressure Drop. *Fluid Mechanics: Open Access*, 1-9.
- Saputra, V., & Ariadji, T. (2009). ANALISIS DATA WATER OIL RATIO UNTUK MEMREDIKSI NILAI PERMEABILITAS VERTIKAL TERHADAP PERMEABILITAS HORIZONTAL. *IATMI, Ikatan Ahli Teknik Perminyakan Indonesia*, 14.
- Satti, R., Bale, D., Gilliat, J., & Hillis, P. (2018). Dynamic Flow Modeling and Risk Mitigation Enables Optimized Perforation Design in Complex Well Completions. *SPE Society of Petroleum Engineers*.
- Sukarno, P., Ariadji, T., & Regina, I. (2001). *Pengembangan Peramalan Kurva IPR Dua Fasa Secara Analisis*. PROCEEDING SIMPOSIUM NASIONAL IATMI.
- Tobing, E. M. (2007). Analisis Produktivitas Sumur Diperforasi Menggunakan Persamaan Kurva IPR Aliran Dua Fase. *LEMBARAN PUBLIKASI LEMIGAS*, 41(2), 44-52.
- Wicaksana, S. (2011). *EVALUASI DAN PERENCANAAN ULANG ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP (ESP) PADA SUMUR "X" LAPANGAN "Y"*. Yogyakarta: UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN".