

**PERHITUNGAN PERBANDINGAN BESARNYA LAJU
ALIR PRODUKSI DI MASA YANG AKAN DATANG
DENGAN METODE EICKMAIR DAN METODE
COUTO'S PADA SUMUR X LAPANGAN Y**

TUGAS AKHIR

*Diajukan guna penyusunan proposal penelitian Program Studi Teknik
Perminyakan*

OLEH :

QURRATA A'YUN

143210223



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhanahu wa ta'ala 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. Bapak Ir. 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.
2. Kedua orang tua bapak Yon Anwar dan ibu Raise yang tidak henti memberikan semangat dan mengirimkan doa serta memberikan bimbingan moral dan material.
3. Teman – teman yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu atas segala dukungan serta memberikan motivasi dalam penyelesaian tugas akhir.

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

Pekanbaru, Januari 2021

Qurrata A'yun

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
DAFTAR SIMBOL	xiii
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
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 INFLOW PERFORMANCE RELATIONSHIP (IPR)	4
2.1.1 IPR Satu Fasa	5
2.1.2 IPR Dua Fasa	6
2.1.3 IPR Kombinasi.....	8
2.2 PRODUKTIVITAS INDEX (PI)	9
2.3 PERAMALAN KURVA IPR MASA YANG AKAN DATANG	10
2.3.1 Metode Eickmair.....	13
2.3.2 Metode Couto's.....	14
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	16
3.1 METODE PENGUMPULAN DATA	16
3.2 BAGAN ALIR PENELITIAN.....	17
3.3 TAHAP PENGUMPULAN DATA	18
3.3.1 Data Sumur	18
3.3.2 Data Fluida.....	18
3.3.3 Data Tekanan	19
3.4 PENGOLAHAN DATA	19

3.5	FIELD OVERVIEW	20
3.6	PELAKSANAAN PENELITIAN	21
BAB IV PEMBAHASAN.....		23
4.1	KURVA IPR METODE COUTO'S	23
4.1.1	Analisis Pengaruh <i>Future</i> IPR Metode Couto's.....	25
4.2	KURVA IPR METODE EICKMAIR	27
4.2.1	Analisis Pengaruh <i>Future</i> IPR Metode Eickmair.....	28
4.3	PERBANDINGAN METODE COUTO'S DAN EICKMEIR.....	30
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		32
5.1	KESIMPULAN	32
5.2	SARAN	32
DAFTAR PUSTAKA		33
LAMPIRAN		35



DAFTAR GAMBAR

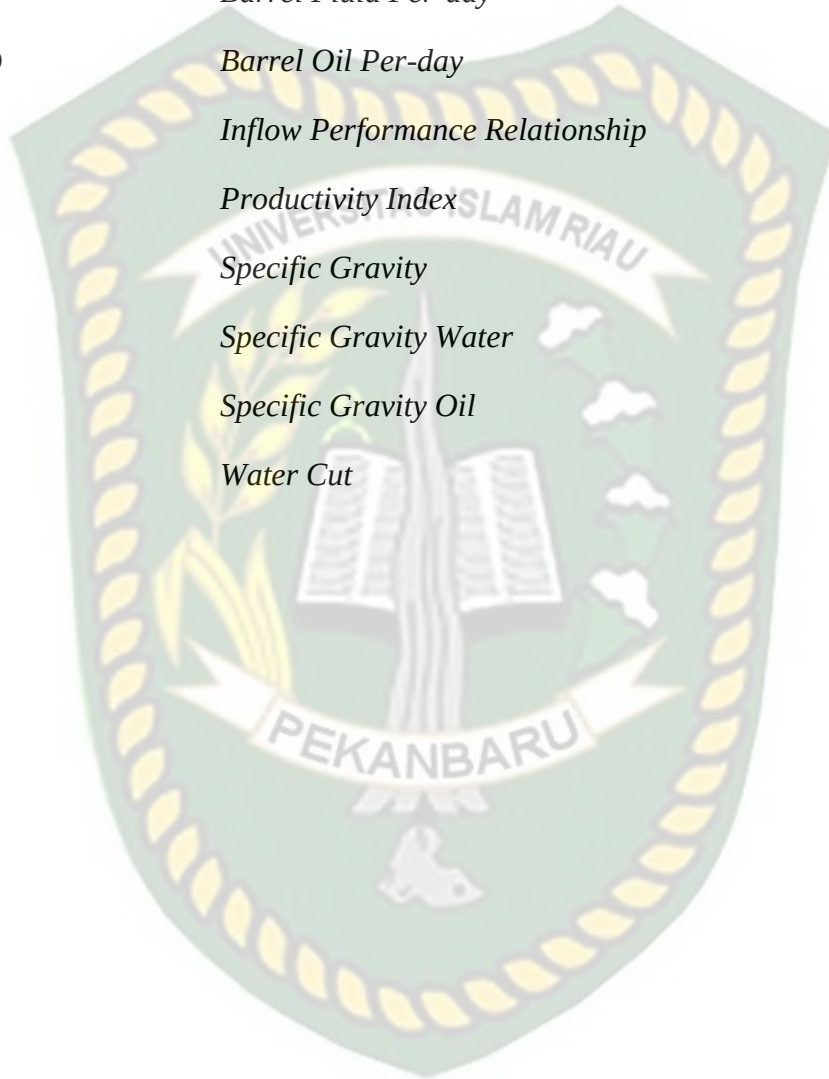
Gambar 2.1 Kurva IPR <i>single-phase</i>	12
Gambar 2.2 Kurva IPR <i>two-phase</i>	13
Gambar 2.3 Kurva IPR <i>combination</i>	14
Gambar 2.4 Kurva IPR <i>Present dan Future</i>	17
Gambar 3.1 Struktur Lapangan X (Ivanov, et al., 2016)	20
Gambar 4.1 Model kurva IPR metode Couto's (<i>current and future</i>)	24
Gambar 4.2 Kurva permeabilitas relatif minyak (Abdurrahman, Permadi, Hidayat, & Pangaribuan, 2018)	25
Gambar 4.3 Pengaruh <i>Future</i> IPR Pada Berbagai Kro	26
Gambar 4.4 Kuva IPR Metode Eickmair (<i>current and future</i>)	28
Gambar 4.5 Pengaruh <i>future</i> IPR terhadap Wc	29
Gambar 4.6 IPR Metode Couto's dan Eickmair	31

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data produksi sumur X lapangan Y	18
Tabel 3.2 Data fluida sumur X lapangan Y	18
Tabel 3.3 data test tekanan sumur X lapangan Y	19
Tabel 3.4 Kegiatan Dan Waktu Pelaksanaan Tugas Akhir	21
Tabel 4.1 Tahapan Perhitungan <i>Future</i> IPR Metode Couto's	23
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan IPR (<i>Current and Future</i>).....	24
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan <i>Future</i> Qo Pada Berbagai Kro	26
Tabel 4.4 Tahapan Perhitungan <i>Future</i> IPR Metode Eickmair	27
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan <i>Future</i> IPR Metode Eickmair	27
Tabel 4.6 Pengaruh <i>Water Cut</i> Terhadap <i>Future</i> Qo	28
Tabel 4.7 Perbandingan $Q_{o_{max}}$ <i>Current and Future</i> Metode Couto's dan Eickmair	30

DAFTAR SINGKATAN

AOF	<i>absolute open flow</i>
BPD	<i>Barrel Per-day</i>
BFPD	<i>Barrel Fluid Per-day</i>
BOPD	<i>Barrel Oil Per-day</i>
IPR	<i>Inflow Performance Relationship</i>
PI	<i>Productivity Index</i>
Sg	<i>Specific Gravity</i>
Sgw	<i>Specific Gravity Water</i>
Sgo	<i>Specific Gravity Oil</i>
WC	<i>Water Cut</i>



DAFTAR SIMBOL

a	Faktor Konversi Unit = 0.001127
Bo	Factor Volume Formasi, bbl/STB
FE	Efisiensi Aliran
h	Ketebalan Reservoir, ft
J	Indeks Produktivitas
Jo	Konstanta Aliran
K	Permeabilitas, mD
Kro	Permeabilitas Relatif Minyak, Fraksi
n	Eksponen Aliran
Oil Cut	Kadar minyak
$\bar{p}$	<i>reservoir</i>
Pb	Tekanan <i>Bubble point</i> , Psi
PI	<i>Productivity Indeks</i> , Bpd/Psi
Pr	Tekanan reservoir, Psi
Ps	Tekanan Statik Dasar Sumur, Psi
Psf	Tekanan Statik Di Kemudian Hari, Psi
Psp	Tekanan Statik Saat Sekarang, Psi
Pwf	Tekanan Alir Dasar Sumur, Psi
Pwh	Tekanan Dikepala Sumur, Psi
Q	Laju Alir, Bpd
Qmax	Laju Alir Maksimal, Bpd
R	Pwf/Pr
r_e	Jari-jari Pengurasan, ft
r_w	Jari-jari Sumur, ft
SFL	Static Fluid level, ft

So	Saturasi Minyak
Sw	Saturasi Air
Water Cut	Kadar Air
WFL	Working Fluid Level, ft
X	Shape Factor
ρ	Densitas minyak, lb/ft ³
μ_o	Viscositas minyak, cp



PERHITUNGAN PERBANDINGAN BESARNYA LAJU ALIR PRODUKSI DI MASA YANG AKAN DATANG DENGAN METODE EICKMAIR DAN METODE COUTO'S PADA SUMUR X LAPANGAN Y

QURRATA A'YUN
NPM 143210223

ABSTRAK

Seiring berjalannya waktu, produktivitas sumur minyak akan semakin menurun yang disebabkan oleh turunnya tekanan reservoir dan meningkatnya *water cut*. Peningkatan ini akibat dari penurunan saturasi minyak dan meningkatnya saturasi air. Untuk mengetahui performa sumur dapat dianalisis dengan kurva IPR dari kurva ini kita dapat memprediksi tingkahlaku aliran fluida reservoir baik dimasa sekarang dan akan datang. Sehingga dapat diperoleh gambaran laju alir produksi sumur tersebut. Sumur X tergolong sumur yang sudah tua yang mempunyai *water cut* tinggi yang memproduksi minyak dan gas terlarut. Hal ini menyebabkan perlu adanya evaluasi kinerja produksi sumur. Untuk mengevaluasi kinerja produksi sumur, maka di lakukan perhitungan perbandingan besarnya laju alir produksi masa yang akan datang dengan metoda Eickmair dan metoda Couto's. Metoda Eickmeier meramalkan kurva IPR masa datang dengan menggabungkan persamaan Fetkovitch dan persamaan Vogel. Dengan menganggap harga eksponen (n) aliran sama dengan satu maka laju alir maksimum pada kondisi awal dapat di bandingkan dengan laju alir maksimum yang akan datang. Q_o future metoda Eickmeier dipengaruhi oleh *liquid rate* Q_t dan tekanan reservoir dimasa yang akan datang. Sedangkan metoda Couto's mengembangkan persamaan Standing untuk kinerja aliran fluida dari formasi ke lubang sumur. Anggapan persamaan Couto's adalah apabila hubungan antara tekanan reservoir dengan permeabilitas relative minyak serta hubungan antara viscositas minyak (μ_o) dan faktor volume formasi (B_o). Berdasarkan perhitungan $Q_{o_{max}}$ dimasa yang akan datang dengan dengan metode Eickmair sebesar 19.0 bbl/d dan metode Couto's diperoleh sebesar 14.68 bbl/d. Adapun selisih dari kedua metode tersebut adalah sebesar 7.75%. Dari kedua metode tersebut memperlihatkan bentuk kurva IPR 2 fasa yang menunjukkan adanya gas yang terlarut didalam fasa minyak.

Kata kunci: laju alir produksi, current and future IPR, $Q_{o_{max}}$

COMPARATIVE AND COMPARISON OF FUTURE PRODUCTION FLOW USING EICKMAIR'S AND COUTO'S METHODS IN WELL X FIELD Y

QURRATA A'YUN
NPM 143210223

ABSTRACT

As time passes, oil wells productivity will decline due to lower reservoir pressures and increased water cuts. This increase results from a decrease in oil saturation and an increase in water saturation. To match the performance of the well, it can be analyzed using the IPR curve of this curve. We can predict the current and future behavior of the reservoir fluid flow. To get an overview of the production rate of the well. Well X is an older well with a high water section that produces dissolved oil and gas. As a result, an assessment of the well's production capacity is required. To evaluate the performance of the well production, a comparison of the future production flow rate is calculated using the Eickmair method and the Couto method. Eickmeier's method predicts future IPR curves by combining the Fetkovitch equation and the Vogel equation. Assuming that the exponential value (n) of the flow rate is equal to one, the maximum flow rate under initial conditions can be compared with the future maximum flow rate. The future Q_o of the Eickmeier method will be influenced in the future by the liquid rate of Q_t and the pressure of the reservoir. Meanwhile, Couto's method develops the upright equation for the power of fluid flow from the formation to the borehole. The assumption of the Couto equation is when there is a relationship between the reservoir pressure and the relative permeability of the oil, as well as the relationship between the viscosity of the oil (μ_o) and the volume factor of the oil. Training (B_o). Based on future $Q_{o\max}$ calculations using the Eickmair method of 19.0 bbl / d and the Couto's method, it is obtained at 14.68 bbl / d. The difference between the two methods is 7.75%. Both methods show the shape of the 2-phase IPR curve, which shows the gas dissolved in the oil phase.

Keywords: well production performance, current and future IPR, $Q_{o\max}$

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pada saat pengangkatan migas dari reservoir, proses produksi memegang peranan penting di dalam suatu industri perminyakan. Proses produksi adalah mencari cara yang optimal untuk memproduksi / mengangkat fluida yang ada di dalam reservoir sampai ke permukaan. Sumur minyak yang di produksi dalam waktu yang cukup lama akan mengalami penurunan produksi di bandingkan pada saat awal sumur itu di produksikan. Turunnya produksi ini di akibatkan adanya penurunan tekanan reservoir itu sendiri. Turunnya tekanan reservoir itu mengakibatkan terjadinya perubahan baik sifat fisik fluida reservoir dan sifat fisik batuan reservoir. Selain hasil produksi yang menurun sumur minyak yang telah berproduksi, lama kelamaan akan menimbulkan permasalahan dengan meningkatnya *water cut* sehingga, mengakibatkan laju alir produksi minyak semakin menurun. Oleh sebab itu perlu di lakukan evaluasi potensi sumur. Salah satu evaluasi potensi sumur yang di lakukan adalah menggunakan kurva IPR dengan metode eickmair dan couto's

Kurva *Inflow Performance Relationship* (IPR) adalah kurva yang menggambarkan kemampuan suatu sumur untuk berproduksi, yang di nyatakan dalam bentuk hubungan antara laju produksi (q) terhadap tekanan alir dasar sumur (P_{wf}). Dalam persiapan pembuatan kurva IPR terlebih dahulu harus di ketahui *Productivity Index* (PI) sumur tersebut, yang merupakan gambaran secara kualitatif mengenai kemampuan suatu sumur untuk berproduksi (Musnal 2014).

Banyak metode produksi yang membahas tentang IPR, yang intinya menyatakan seberapa besar laju produksi (q) yang akan di peroleh. Salah satunya adalah metode Eickmair dan metode Couto's.

Metode Eickmair meramalkan kurva IPR masa datang dengan menggabungkan persamaan Fetkovitch dan persamaan Vogel. Dengan menganggap harga eksponen (n) aliran sama dengan satu maka laju alir maksimum pada kondisi awal dapat di bandingkan dengan laju alir maksimum yang akan

datang. Peramalan dengan metode ini dapat dilakukan berdasarkan satu data uji produksi (Sukarno et al. 2001).

Metode Couto's mengembangkan persamaan Standing untuk kinerja aliran fluida dari formasi ke lubang sumur. Anggapan persamaan Couto's adalah apabila hubungan antara tekanan reservoir dengan permeabilitas relatif minyak serta hubungan antara viskositas minyak dan B_o diketahui maka dengan anggapan *Flow efisiensi* ($F.E. \neq 1$) dapat di ramalkan kurva IPR pada harga tekanan resevoir yang akan datang.

Sumur X merupakan sumur yang terletak di Lapisan Y, dimana sumur X ini tergolong sumur yang sudah tua yang mempunyai *water cut* tinggi dan memproduksi minyak dan gas terlarut. Hal ini menyebabkan perlu adanya prediksi *future* IPR sebagai acuan batas *economic limit* (Kelkar & Cox, 1985). Untuk mengevaluasi kinerja produksi sumur, maka dilakukan perhitungan perbandingan besarnya laju alir produksi masa yang akan datang dengan metoda Eickmair dan metoda Couto's. Dengan menggunakan kedua metoda ini maka dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk evaluasi kinerja produksi sumur dimasa yang akan datang.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Ada pun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menghitung besar nya laju produksi minyak maksimum di masa yang akan datang dengan metode Eickmair dan metode Couto's pada sumur X lapangan Y.
2. Membandingkan analisis kurva IPR di masa yang akan datang menggunakan metode Eickmair dan metode Couto's.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Ada pun manfaat penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui perbandingan besar nya laju alir produksi di masa yang akan datang metode Eickmair dan metode Couto's.
2. Dapat di jadikan rujukan bagi upaya pengembangan ilmu dalam perminyakan.
3. Dapat di jadikan referensi bagi mahasiswa/i untuk melakukan penelitian selanjutnya.

1.4 BATASAN MASALAH

Agar penulisan tugas akhir ini tidak menyimpang dan mengambang dari tujuan yang semula di rencanakan sehingga mempermudah mendapatkan data dan informasi yang di perlukan, maka penulis memberikan batasan-batasan dalam masalah yang akan di bahas selanjutnya. Sesuai dengan topiknya “Perhitungan perbandingan besarnya laju alir produksi di masa yang akan datang dengan metode Eickmair dan metode Couto’s pada sumur X lapangan Y”, maka pembahasannya di titik beratkan pada pembuatan kurva IPR dengan Metode Eickmair dan Metode Couto’s.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Al-Qur'an sebagai sumber hukum Islam, secara tegas telah mengatur ketentuan tentang kepemilikan dalam Islam. Ke kepemilikan hakikatnya adalah, milik Allah SWT secara absolut. Di dalam Qur'an Surah Saba ayat 12 yang berbunyi "*wa asalnaa lahuu 'ainal qithr*". apabila "qithr" di sini di artikan sebagai "ter/tir" yang merupakan "minyak mentah" maka tidak memerlukan tafsiran tambahan dengan kata "yang meleleh" seperti yang terdapat pada kitab-kitab tafsir dan terjemah Qur'an. apabila kita telaah kembali ayat tersebut dengan seksama, ada dua kata yang menurut penulis sangat signifikan dalam mengkaji kebenaran akan ayat tersebut yaitu WA ASALNAA (kami alirkan) dan 'AIN (sesuatu yang di alirkan) secara bahasa biasanya berkaitan dengan benda cair. Dengan demikian QS Saba (34) ayat 12 lebih tepat terjemahannya adalah "*dan kami alirkan padanya (Nabi Sulaiman) sumur minyak (spiring of oil)*". Dari kutipan di atas dapat kita simpulkan, Sumur minyak yang pertama kalinya sudah ada sejak zaman Nabi Sulaiman AS.

2.1 INFLOW PERFORMANCE RELATIONSHIP (IPR)

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 (P_{wf}) (Musnal 2014).

Inflow Performance Relationship (IPR) pada suatu sumur minyak adalah kemampuan sumur mengalirkan fluida dari *reservoir* atau juga dapat didefinisikan sebagai hubungan antara laju alir dengan tekanan alir dasar sumur. Besarnya kemampuan sumur mengalirkan fluida tersebut dipengaruhi beberapa hal antara lain adalah *Reservoir Pressure* ($\bar{p}$), *Pressure Bubble* (P_b), *Pressure While Flowing* (P_{wf}), Jari-jari Pengurasan (R_e), Permeabilitas Rata Rata (K), Viscositas Minyak (μ), Factor Volume Formasi (B_o). IPR merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mengevaluasi performa *reservoir* dalam teknik produksi (Daoud, Salam, & Ali, 2017).

(Evinger dan Muskat 1942) memperlihatkan bahwa untuk kondisi aliran dua fasa, harga produktivitas untuk aliran radial yang mantap pada suatu sumur produksi akan menurun seiring dengan peningkatan perbedaan antara tekanan reservoir dengan tekanan alir dasar sumur. Hal ini menyebabkan kurva IPR tidak lagi berbentuk garis lurus namun akan membentuk suatu lengkungan.

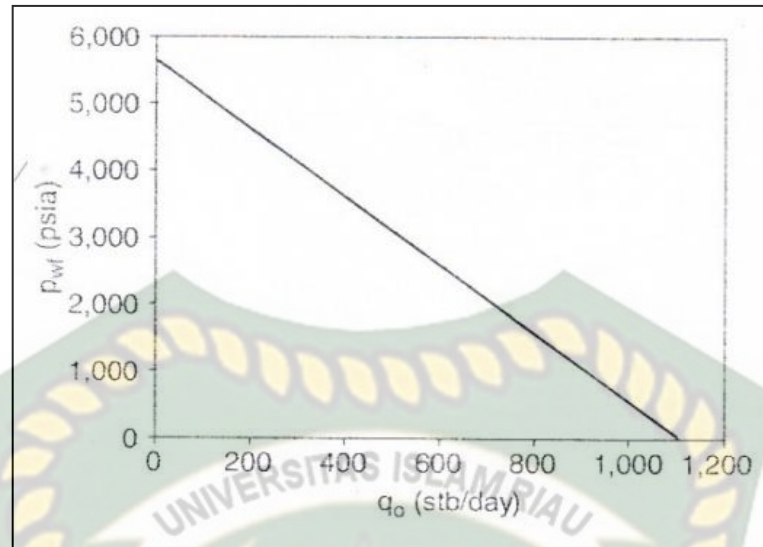
Inflow Performance Relationship (IPR) suatu sumur adalah hubungan antara tingkat produksi dan *bottom-hole pressure* (Jahanbani dan Shadizadeh 2009). Selama produksi, fluida akan mengalir di dalam media berpori dan kehilangan tekanan saat mereka mengalir menuju perforasi. Kekuatan pendorong fluida untuk bergerak di dalam media berpori adalah penurunan tekanan di reservoir. Oleh karena itu, laju alir fluida dari reservoir ke dalam sumur adalah fungsi dari aliran *bottom-hole pressure*, p_{wf} , pada titik tengah perforasi. Fungsi ini disebut sebagai IPR.

IPR mewakili adanya tekanan di depan perforasi agar fluida mengalir di dalam media berpori pada laju aliran tertentu. Ukuran kemampuan sumur yang biasa di gunakan untuk memproduksi disebut indeks produktifitas (J). Indeks produktifitas didefinisikan sebagai rasio laju aliran fluida total terhadap tekanan *drawdown* (Ahmed 2006). Dalam memantau indeks produktivitas selama umur sumur, di mungkinkan untuk menentukan apakah sumur telah menjadi rusak karena kompresi, *work over*, produksi, operasi injeksi, atau masalah mekanis.

2.1.1 IPR Satu Fasa

IPR *single-phase* adalah IPR yang di pergunakan untuk *undersaturated oil reservoir*, yakni ketika p_{wf} berada diatas *bubble-point pressure* (P_b). Pada kondisi tersebut gas masih terlarut didalam minyak sehingga belum ada *free gas* yang terbentuk pada laju alir *reservoir*. Hal ini menyebabkan pada lajur alir fluida hanya terdiri dari satu fasa, yaitu minyak.

Kurva IPR untuk *single-phase reservoir* berupa garis lurus yang di tarik dari tekanan *reservoir* ke *bubble-point pressure*. Jika *bubble-point pressure* sama dengan 0 psig, maka *absolute open flow* (AOF) sama dengan *productivity index* (J^*) di kalikan dengan tekanan *reservoir*.



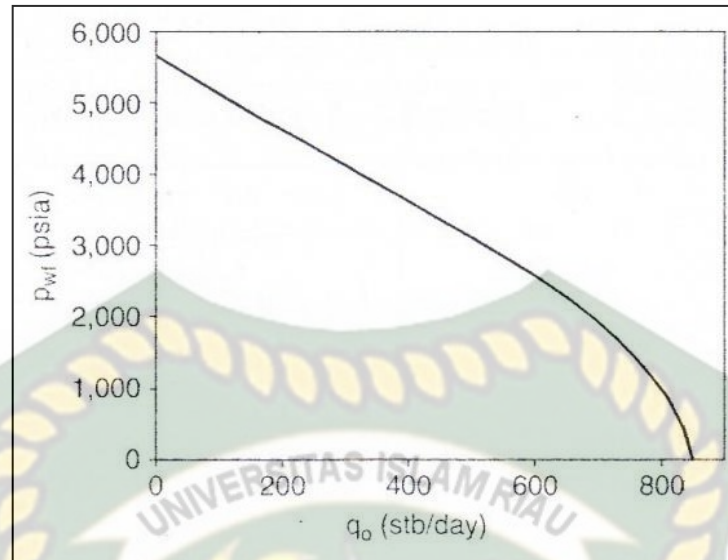
Gambar 2.1. Kurva IPR *single-phase*

Contoh kurva IPR untuk *single-phase* dapat dilihat pada **Gambar 2.1**. Dengan kondisi diatas di dapat persamaan *productivity index* sebagai berikut:

$$J^* = \frac{q}{p_i - p_{wf}} \dots\dots\dots (1)$$

2.1.2 IPR Dua Fasa

Ketika tekanan reservoir berada dibawah *bubble point pressure* (P_b), gas terlarut akan keluar dari minyak dan menjadi *free gas*. *Free gas* menempati sebagian ruang dari pori sehingga mengurangi aliran dari minyak dan efek ini dapat di kuantifikasi dengan berkurangnya permeabilitas relatif. Hal ini juga mengakibatkan viskositas dari minyak menurun di karenakan berkurangnya konsentrasi gas terlarut di dalam minyak. Kombinasi dari perubahan permeabilitas relatif dan perubahan viskositas mengakibatkan berkurangnya laju alir minyak pada *bottom hole pressure* tersebut. Hal ini mengakibatkan deviasi kurva IPR ketika berada di bawah *bubble-point pressure*. Semakin rendah tekanan tersebut maka semakin besar deviasinya. Jika tekanan reservoir ($\bar{p}$) berada di bawah *initial bubble point pressure* (p_b) maka pada reservoir tersebut terdapat aliran minyak dan gas sehingga laju alir pada reservoir disebut sebagai *two-phase*, karena laju alir terdiri dari dua fasa, yakni minyak dan gas.



Gambar 2.2. Kurva IPR *two-phase*

Metoda IPR *two-phase* yang banyak di pergunakan secara luas di industri salah satunya adalah metoda Vogel. Metode Vogel merupakan suatu korelasi yang dapat di tuliskan melalui persamaan berikut: (Chase dan Shaver 2009)

$$q_o = q_{max} \left[1 - 0.2 \left(\frac{p_{wf}}{\bar{p}} \right) - 0.8 \left(\frac{p_{wf}}{\bar{p}} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (2)$$

Dimana q_{max} disebut juga sebagai AOF yaitu debit maksimum yang dapat di hasilkan oleh *reservoir*. Secara teoritis, q_{max} dapat didekati berdasarkan tekanan *reservoir* ($\bar{p}$) dan *productivity index* (J^*) diatas *bubble-point pressure* (p_b) dengan persamaan *pseudo-steady-state* yang biasa di pergunakan

$$q_{max} = \frac{J^* \bar{p}}{1.8} \dots\dots\dots (3)$$

Untuk *partial two-phase reservoir*, konstanta J^* pada metoda Vogel harus di tentukan berdasarkan *tested flowing bottom-hole pressure*. Jika *tested flowing bottom-hole pressure* (p_{wf}) berada di atas *bubble-point pressure* (p_b) maka model konstanta J^* dapat di tentukan dengan

$$J^* = \frac{q_o}{(\bar{p} - p_{wf})} \dots\dots\dots (4)$$

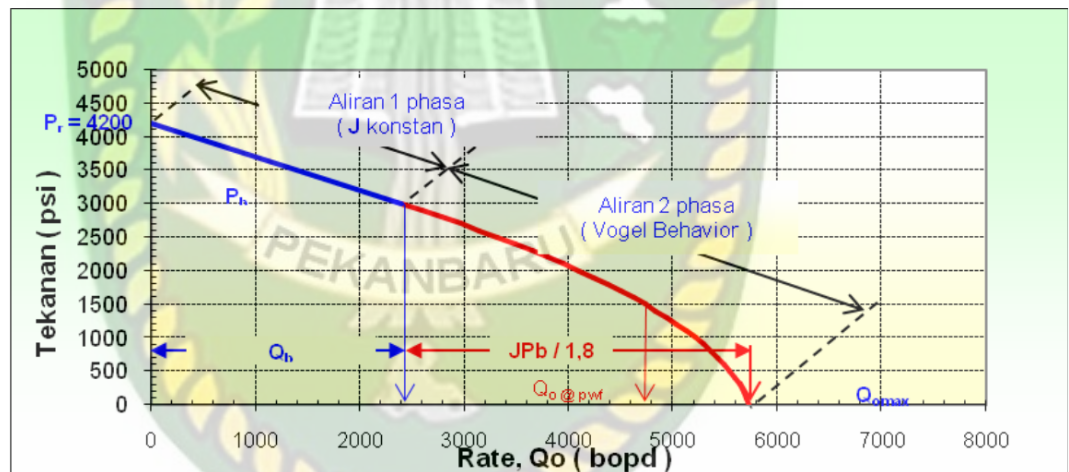
Jika *tested flowing bottom-hole pressure* (p_{wf}) berada dibawah *bubble-point pressure* maka konstanta J^* di tentukan dengan

$$J^* = \frac{q_o}{(\bar{p} - p_b) + \frac{p_b}{1.8} \left[1 - 0.2 \left(\frac{p_{wf}}{p_b} \right) - 0.8 \left(\frac{p_{wf}}{p_b} \right)^2 \right]} \dots\dots\dots (5)$$

2.1.3 IPR Kombinasi

IPR *combination reservoir* adalah model IPR yang di digunakan untuk *reservoir* kombinasi dimana fluida yang mengalir adalah air, gas dan minyak. (Gallice dan Wiggins 2004). Salah satu metoda IPR ini adalah metoda Vogel. Apabila fluida yang mengalir adalah merupakan kombinasi satu fasa dan dua fasa, maka kurva IPR ada dua bagian, yaitu :

1. Bagian kurva lurus apabila dalam kondisi $P_r > P_b$ dan $P_{wf} \geq P_b$.
2. Bagian kurva melengkung apabila dalam kondisi $P_{wf} < P_b$.



Gambar 2.3. Kurva IPR kombinasi

Pembuatan kurva IPR untuk dua poin di atas bergantung kepada tes P_{wf} , lebih kecil atau lebih besar dari P_b . Pada bagian garis IPR yang melengkung ($P_{wf} < P_b$) berlaku hubungan sebagai berikut:

- a. Untuk grafik IPR, dimana $P_{wf} < P_b$, berlaku hubungan sebagai berikut:

$$q_o = q_b + (q_{max} - q_b) \left[1 - 0.2 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right) - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (6)$$

- b. Untuk menentukan q_{max} pada IPR dengan kondisi $P_s > P_b$, berlaku hubungan :

$$q_{max} = q_b + \frac{PI \cdot P_b}{1.8} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

$$q_b = PI(P_r - P_b)$$

2.2 PRODUKTIVITAS INDEX (PI)

Kemampuan suatu akumulasi hidrokarbon dalam batuan porus untuk memproduksi fluida yang di kandunginya tergantung dari produktivitas reservoir. Dapat juga dikatakan sebagai perbandingan laju produksi yang di hasilkan oleh suatu sumur dengan perbandingan tekanan Draw down Pressure. Ukuran keproduktivitas reservoir ini di kenal dengan *productivity index* (PI). (Musnal dan Melisa 2016)

Suatu reservoir minyak, akan hanya memproduksi minyak, selama tekanan reservoirnya berada di atas tekanan saturasi. Pada keadaan ini hubungan antara laju alir minyak dengan tekanan alir dasar sumur merupakan hubungan yang linear. Hal ini berarti bahwa perbandingan antara laju alir minyak dan perbedaan antara tekanan reservoir dengan tekanan alir dasar sumur, adalah tetap. Hubungan yang tetap ini di namakan *Productivity Index* (PI) yang di turunkan dari persamaan Darcy, untuk fluida satu fasa, aliran radial yang mantap, dan incompressible. Jika tekanan reservoir telah turun hingga berada di bawah tekanan saturasi maka fasa gas akan terbentuk dan fluida yang mengalir di dalam reservoir terdiri dari 2 fasa yakni minyak dan gas (Chon 2008).

Menurut (Brown, 1997), *Produktivity Indeks* (PI) adalah indeks yang di gunakan untuk menyatakan kemampuan produksi dari suatu sumur pada kondisi tertentu, atau di nyatakan 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*. Secara matematis bentuknya dapat di tuliskan sebagai berikut:

$$PI = \frac{q}{P_S - P_{wf}} \text{ bbl/d/psi} \dots\dots\dots (8)$$

Secara teoritis persamaan diatas dapat didekati oleh persamaan radial dari Darcy untuk fluida homogen, incompressible dan horizontal. Selanjutnya jika fluida yang mengalir merupakan kombinasi dari fluida fasa satu dan fluida dua fasa, yaitu terjadi pada kondisi tekanan reservoir (P_r) lebih besar dari pada tekanan bubble point (P_b) dan tekanan alir dasar sumur (P_{wf}) sudah mengalami penurunan hingga lebih kecil dari P_b . Aliran satu fasa yaitu q_b , terjadi mulai dari P_r hingga P_b , dan aliran fluida dua fasa yaitu q , akan terjadi mulai dari P_b hingga P_{wf} . Dalam persiapan pembuatan kurva IPR untuk kondisi satu fasa lebih dahulu harus di ketahui hubungan sebagai berikut ini, dimana PI (J) pada saat $P_{wf} = 0$ Psi adalah:

$$q_{max} = J(P_r - P_{wf}) \dots\dots\dots (9)$$

Jika tes di lakukan pada kondisi di bawah tekanan gelembung minyak (P_b), maka J dapat di tentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$J = \frac{q_{test}}{\left[P_r - P_b + \frac{P_b}{1.8} \left(1 - 0.2 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right) - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{P_b} \right)^2 \right) \right]} \dots\dots\dots (10)$$

dan apabila test di lakukan pada saat $P_{wf} > P_b$, maka:

$$J = \frac{q_{test}}{P_r - P_{wf_{test}}} \dots\dots\dots (11)$$

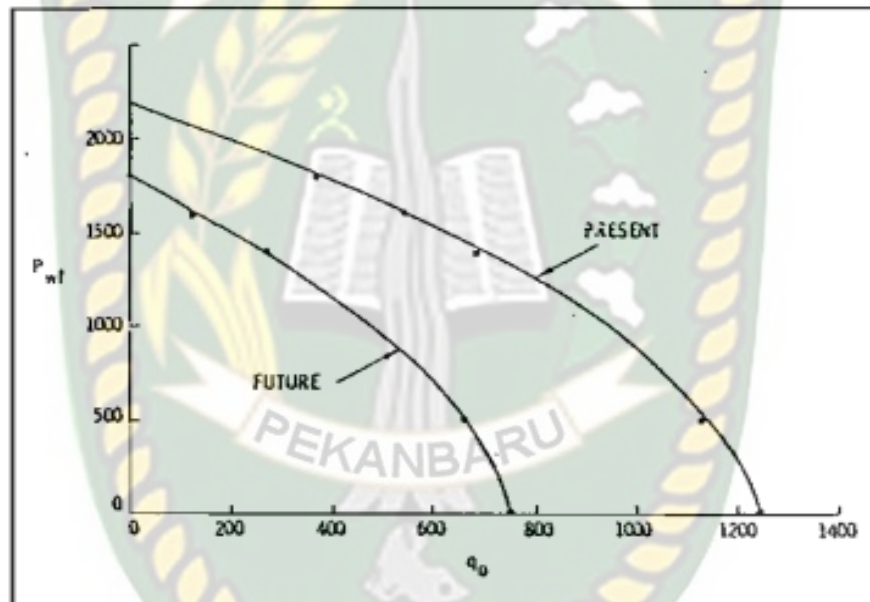
Semua penentuan harga PI yang telah di kemukakan di atas dapat di lakukan bila data-data dari hasil tes yang telah tersedia (Musnal 2014)

Nilai kemampuan berproduksi suatu sumur dapat di nilai dengan indeks produktivitas. Berkriteria tinggi apabila nilai indeks produktivitas diatas 1,5 bfpd/psi, berkriteria sedang apabila indeks produktivitas di antara 0,5 bfpd/psi sampai 1,5 bfpd/psi, dan berkriteria rendah apabila indeks produktivitas di bawah 0,5 bfpd/psi (Yudha Widaputra, Maulana Yusuf 2015)

2.3 PERAMALAN KURVA IPR MASA YANG AKAN DATANG

Sejalan dengan bertambahnya waktu produksi, setiap reservoir akan mengalami penurunan tekanan. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya perubahan

sifat fisik fluida maupun batuan reservoir, di antaranya seperti viskositas, faktor volume formasi dan jumlah kelarutan gas di dalam minyak (Chase, College, & Shaver, 2009). Di samping itu, penurunan tekanan reservoir dan peningkatan produksi kumulatif mengakibatkan meningkatnya nilai saturasi air sehingga berpengaruh terhadap harga permeabilitas relatif minyak. Dengan adanya perubahan tersebut maka akan terjadi pula perubahan kinerja aliran fluida reservoir dari formasi produktif menuju ke lubang sumur sehingga kinerja produksi dari suatu sumur secara keseluruhanpun akan berubah (Cig, 2016). Perubahan yang terjadi dalam kelakuan produksi ini dapat di ramalkan dengan membuat kurva IPR masa datang (Sukarno et al. 2001)



Gambar 2.4 Kurva IPR *Present* dan *Future* (Beggs, 1991).

Untuk keperluan analisa terhadap perubahan kelakuan suatu sumur, peramalan kurva IPR sangat penting untuk menentukan laju produksi diwaktu yang akan datang, baik pada sumur dengan pengangkatan alami (*natural flow*) maupun dengan menggunakan system pengangkatan buatan (*artificial lift*). Kurva IPR ini juga mewakili pengertian dari penentuan performance suatu sumur saat sumur di letakkan pada *artificial lift*. Kurva IPR juga penting untuk melihat dan membandingkan produksi laju alir (*rate*) dengan metode *artificial lift*. Untuk masa yang akan datang, kondisi aliran dua fasa, kondisi aliran dua fasa semi mantap dengan anggapan:

- 1 Tidak ada aliran dibatas reservoir
- 2 Jari-jari pengurasan tetap
- 3 Factor skin tetap

Dalam menentukan kurva IPR waktu yang akan datang di gunakan atau mengikuti kurva IPR di waktu sekarang dengan persamaan berikut:

$$\frac{q}{(q_{max})} = \frac{P_1 + P_3 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right) + P_5 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right)^2}{1 + P_2 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right) + P_4 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right)^2} \dots\dots\dots(12)$$

Syarat: $P_s < P_b$

Dari persamaan kurva IPR di waktu sekarang variable utama yang berubah terhadap waktu adalah P_s . Perubahan P_s dapat di perkirakan melalui:

- 1 Plot P_s dan N_p (produksi kumulatif)
- 2 Dari perhitungan material balance
- 3 Simulasi reservoir, tetapi menghabiskan biaya yang banyak dan data-data yang di perlukan banyak.

Prediksi kurva IPR masa yang akan datang sangat penting dalam menentukan kapan sebuah sumur akan mati atau akan memuat atau kapan harus ditempatkan pada *artificial lift*. Berikut beberapa prosedur yang dapat di gunakan: Prosedur Fetkovich, kombinasi Fetkotich dan Vogel's, prosedur Couto's, dan Eickmair. (Brown dan Lea 1985).

Untuk menentukan berat jenis fluida campuran dan gradient tekanan fluida untuk menghitung laju produksi maksimum pada sebuah sumur minyak maka di lakukan perhitungan berat jenis fluida campuran dan gradient tekanan fluida produksi dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Water Phase Sp. Gr} = \text{Water Cut} \times \text{Water Sp. Gr} \dots\dots\dots(13)$$

$$\text{Oil Phase Sp. Gr} = \text{Oil Cut} \times \text{Oil Sp. Gr} \dots\dots\dots(14)$$

$$\text{SG Fluida Campuran} = \text{Water Phase Sp. Gr} + \text{Oil Phase Sp. Gr} \dots\dots\dots(15)$$

(Prabu, 2002)

$$Gf = \text{Sp. Gr. Fluida Campuran} \times 8,33 \times 0,052 \text{ psi/Gt} \dots\dots\dots(16)$$

(Prabu, 2002)

$$Datum = (Top\ perforasi + Bottom\ perforasi) / 2 \dots\dots\dots(17)$$

$$Tekanan\ Statik\ (P_s) = (Datum - SFL) \times GF \dots\dots\dots(18)$$

$$Tekanan\ Dasar\ Sumur\ (P_{wf}) = (Datum - WFL) \times GF \dots\dots\dots(19)$$

2.3.1 Metode Eickmair

Eickmair lebih tertarik untuk menunjukkan bagaimana IPR akan runtuh dengan terjadinya penurunan tekanan reservoir. Eickmair tidak menggunakan Vogel dalam menetapkan bentuk kurvanya tetapi kurvanya di tentukan dari data yang tersedia. Eickmair memperhitungkan kelengkungan IPR pada tekanan statis yang di berikan serta perubahan bentuk kurva IPR dengan tekanan menurun (Brown 1980).

Perkiraan produksi di buat berdasarkan model Fetkovich (untuk IPR saat ini) dan model Eickmair (untuk IPR di masa mendatang) untuk mengetahui kapan string tubing akan diganti untuk pengoptimalan produksi. IPR dari reservoir yang *naturally fractured* juga di kembangkan untuk sumur vertikal dan horizontal. Persamaan indeks produktivitas baru untuk sumur horizontal di reservoir dengan dukungan tekanan parsial akhirnya dikembangkan (Karikari 2010)

Berdasarkan pada persamaan hasil analisa antara uji *back pressure* pada sumur minyak dan sumur gas, Fetkovitch mengusulkan metoda peramalan kurva IPR masa datang dengan menganggap harga eksponen aliran (n) konstan selama masa produksi, sedangkan harga konstanta aliran (J_o) berubah seiring dengan terjadinya penurunan tekanan reservoir (Karikari, 2010). Secara matematis dapat di nyatakan sebagai berikut:

$$q_0 = J_{o1} \frac{P_{rf}}{P_{ri}} (P_r^2 P_{wf}^2)^n \dots\dots\dots(20)$$

Eickmair kemudian mengajukan suatu metoda untuk meramalkan kurva IPR masa datang dengan menggabungkan persamaan Fetkovitch dan persamaan Vogel. Dengan menganggap harga eksponen (n) aliran sama dengan satu maka laju alir maksimum pada kondisi awal dapat di bandingkan dengan laju alir maksimum yang

akan datang. Peramalan dengan metode ini dapat dilakukan berdasarkan satu data uji produksi. Berikut adalah persamaan peramalan kurva IPR metode Eickmair:

$$\frac{q_{o,maks,f}}{q_{o,maks,i}} = \left(\frac{P_{rf}}{P_{ri}}\right)^3 \dots\dots\dots(21)$$

Present = Present Standing

Future:

1. Data : Pwf, Psf, Psp, Qo

$$P_{wf1} = P_{sp} - FE \{P_{sp} - P_{wf}\} \dots\dots\dots(22)$$

$$2. [Q_{max}]_p = \frac{q_{test}}{\left[\left(1 - 0,2 \left(\frac{P_{wf1}}{P_{sp}} \right) - 0,8 \left(\frac{P_{wf1}}{P_{sp}} \right)^2 \right) \right]} \dots\dots\dots(23)$$

$$3. [Q_{max}]_f = [Q_{max}]_p \left\{ \frac{P_{sf}}{P_{sp}} \right\}^3 \dots\dots\dots(24)$$

$$4. [Q_o]_f = [Q_{max}]_f \cdot \left(1 - 0,2 \left(\frac{P_{wf}}{P_{sf}} \right) - 0,8 \left(\frac{P_{wf}}{P_{sf}} \right)^2 \right) \dots\dots\dots(25)$$

2.3.2 Metode Couto's

Menurut (Brown, 1997), Couto's mengembangkan persamaan Standing untuk kerusakan sumur dan menerapkannya pada produktifitas indeks Standing dengan persamaan untuk memprediksi kurva IPR Present dan juga kurva IPR Future. Untuk *circular drainage areas* persamaannya adalah:

$$q_0 = 3.49(a) \frac{Kh}{\ln(0.472 r_e/r_w)} P_r \left(\frac{k_{ro}}{\mu_o B_o} \right) (FE) \times (1 - R)[1.8 - 0.8(FE)(1 - R)] \dots\dots\dots(26)$$

Dimana:

FE = efisiensi aliran, yang merupakan perbandingan antara indeks produktivitas nyata dengan indeks produktivitas ideal. Dengan demikian FE yang berharga kecil dari satu apabila sumur mengalami kerusakan dan lebih besar dari satu apabila mengalami perbaikan sebagai hasil operasi stimulasi.

Pada persamaan (26) dapat di gunakan untuk memprediksi kurva IPR pada masa sekarang atau masa yang akan datang untuk aliran efesiensi dan stage pada deplesi reservoir. Untuk nilai $FE > 1$, prediksi kurva IPR akan diperoleh hasil yang sama dengan metode Standing. (Brown, 1997).

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah suatu tahapan kerja yang dilakukan untuk mempermudah suatu proses pengumpulan data yang diperlukan dalam suatu kegiatan analisis permasalahan yang terjadi di lapangan tersebut, sehingga dalam penulisan bisa lebih sistematis dan jelas. Adapun metodologi penelitian yang digunakan antaranya sebagai berikut.

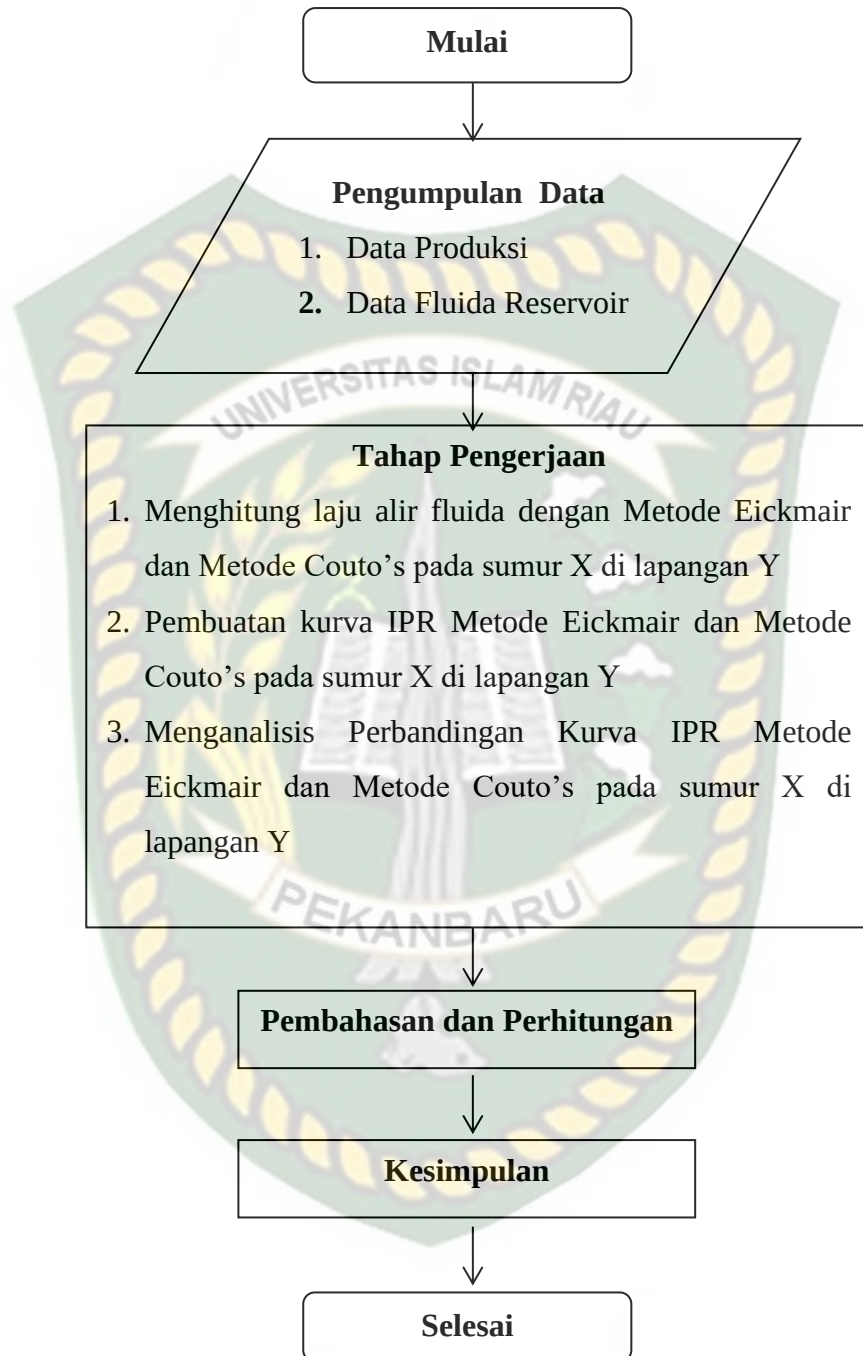
3.1 METODE PENGUMPULAN DATA

Untuk mendapatkan data – data yang diperlukan guna mendukung analisis terhadap permasalahan yang akan dibahas, maka digunakan metode – metode agar dapat data yang objektif. Adapun metode - metode pengumpulan data sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur yaitu teknik pengumpulan data dengan cara mencari referensi yang berhubungan dengan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini. Studi literatur dilakukan dengan cara mengumpulkan sumber informasi yang berasal dari referensi *handbook*, *e-book* maupun data-data dari perusahaan yang berhubungan dengan Tugas Akhir. Studi literatur ini telah dilakukan sebelum maupun selama penelitian dilaksanakan.

3.2 BAGAN ALIR PENELITIAN



3.3 TAHAP PENGUMPULAN DATA

Tahap pengumpulan data ini dilakukan untuk memperoleh bahan penelitian sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Adapun data – data yang di perlukan dalam pekerjaan perekahan hidrolik seperti :

3.3.1 Data Sumur

Data Sumur diperoleh dari hasil uji produksi masing-masing sumur yang di lakukan setiap harinya. **Tabel 3.1** menunjukan data sumur lapangan Y.

Tabel 3.1 Data Sumur X Lapangan Y

Production & Completion Data			
No	Parameter	Nilai	Unit
1	Fluid Rate, Qt	110	BFPD
2	Oil Rate, Qo	44	BOPD
3	Static Fluid Level, SFL	1500	ft
4	Working Fluid Level, WFL	1920	ft
5	Water Cut, Wc	60	%
6	Middle Perforation	2840	ft
7	Top Perforation	2830	ft
8	Bottom Perforation	2850	ft

Source: Musnal, 2015

3.3.2 Data Fluida

Data fluida yang di pergunakan merupakan sifat fisik fluida pada saat produksi telah berlangsung diantaranya :

Tabel 3.2 Data Fluida Sumur X Lapangan Y

Fluid & Formation Data			
No	Parameter	Nilai	Unit
1	Res. Thickness, h	16.12	ft
2	Drainage Radius, re	350	ft
3	Wellbore radius, rw	0.26	ft
4	SG Oil	0.82	
5	SG Water	1.03	
6	FE	1.04	
7	PI	0.60	

Source; Musnal, (2015)

3.3.3 Data Tekanan

Berikut merupakan data tekanan sumur X lapangan Y yang diperlihatkan pada **Table 3.3**.

Tabel 3.3 Data Tekanan sumur X lapangan Y

No	Parameter	Current	Future	Unit
1	Res. Pressure, Pr	463 (@SFL 1500 ft)	350 (@SFL 2013 ft)	Psi
2	Oil Viscosity, μ_o	2	3	cp
3	Faktor Vol. Form. Minyak, Bo	1.17	1.1	RB/STB
4	Perm. Relatif Minyak, kro	0.4	0.28	fraction
5	faktor konversi unit, a	0.001127		
6	Permeability, K	50	50	mD

Source; Musnal, (2015)

3.4 PENGOLAHAN DATA

Merupakan tahap pengolahan dari data yang di peroleh baik dari lapangan maupun sumber refrensi lainnya, yang selanjutnya di lakukan perhitungan perbandingan kedua metode berdasarkan data produksi, data fluida dan data test tekanan sumur X. Data yang di perlukan yaitu data primer yang berupa data produksi, data fluida dan data test tekanan sumur. Sedangkan data sekunder merupakan data penunjang dari data primer dan juga data pendukung yang berkaitan dengan permasalahan berupa data karakteristik reservoir pada lapangan y.

Langkah – langkah dan perhitungan metoda Eickmairdan metoda Couto's adalah sebagai berikut :

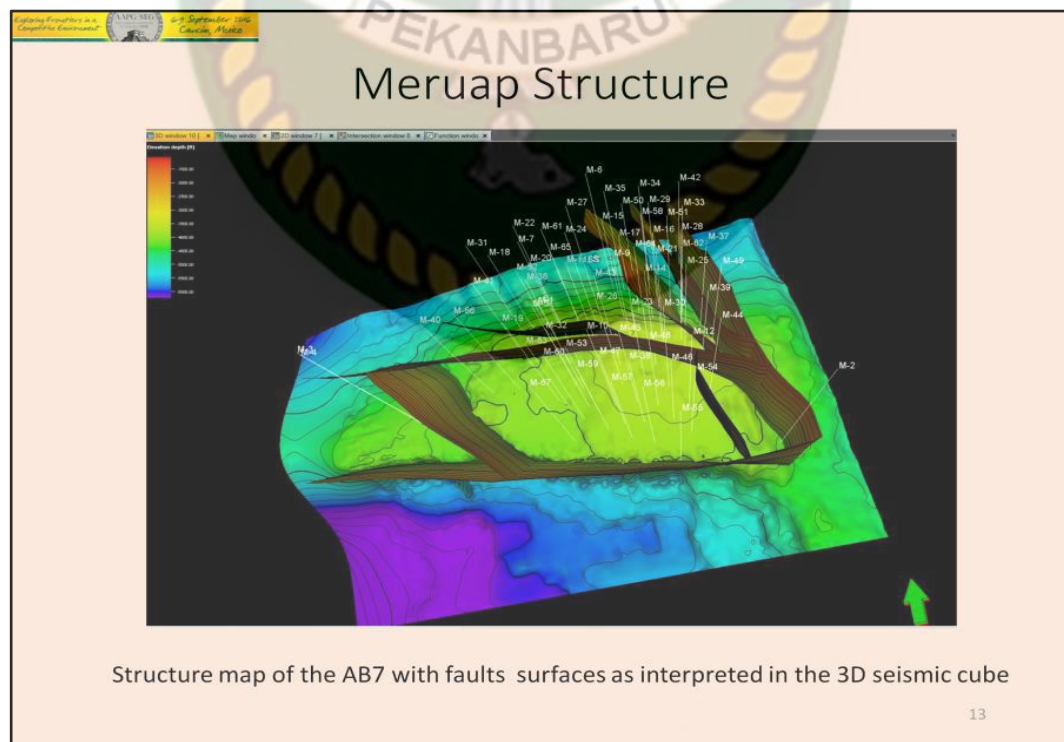
- Menghitung nilai Datum menggunakan persamaan (17)
- Menghitung SG campuran (Sgmix) menggunakan persamaan (15)
- Menghitung gradien fluida (Gf) menggunakan persamaan (16)
- Menghitung tekanan statik (Ps) menggunakan persamaan (18)
- Menghitung tekanan dasar sumur (Pwf) menggunakan persamaan (19)
- Menghitung produktivitas indeks (PI) menggunakan persamaan (8)
- Menghitung laju alir (q) untuk masa sekarang dan masa yang akan datang menggunakan metoda Eickmair menggunakan persamaan (25)

- h. Menghitung laju alir (q) untuk masa sekarang dan masa yang akan datang menggunakan metoda Qouto's menggunakan persamaan (26)
- i. Memplot nilai q vs p_{wf} untuk mendapatkan grafik IPR masa yang akan datang (4)

3.5 FIELD OVERVIEW

Tempat pelaksanaan Tugas akhir dilapangan Y yang terletak dikabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Lapangan Y ditemukan oleh *British Petroleum* pada tahun 1974 dengan pengeboran sumur M-1, yang menembus struktur antiklin Miosen yang diidentifikasi oleh survei seismik 2D. Pengeboran sumur deliniasi berikutnya M-2, M-3 dan M-6 mengkonfirmasi adanya akumulasi minyak di 20 zona dengan total *gross thickness* sekitar 2000 ft dan total luas sekitar 5 km².

Pengembangan komersial lapangan dimulai pada tahun 1995 dan pada tahun 2010 sekitar 40 sumur telah dibor dan diselesaikan. Saat itu, sumur-sumur tersebut telah mengekstraksi sekitar 9 juta barel minyak. Saat ini ada 68 sumur yang dibor di lapangan dan total minyak yang diekstraksi mencapai sekitar 17 juta barel. **Gambar 3.1** merupakan bentuk struktur lapangan Y dan penyebaran sumur. Adapun OOIP lapangan Y sekitar 107 juta bbl (Ivanov, et al., 2016).



Gambar 3.1 Struktur Lapangan X (Ivanov, et al., 2016)

3.6 PELAKSANAAN PENELITIAN

Adapun jadwal dan pelaksanaan Tugas Akhir ini secara rinci dapat dilihat di **Tabel 3.4**.

Tabel 3.4 Kegiatan Dan Waktu Pelaksanaan Tugas Akhir

Kegiatan dan waktu pelaksanaan	Juni 2020				Juli 2020				Oktober 2020				Januari 2020			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Studi Literatur																
Orientasi Lapangan																
Karakteristik Reservoir																
Seminar Proposal																
Pengumpulan dan Pengolahan Data																
Penyusunan TA																
Presentasi TA																

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 KURVA IPR METODE COUTO'S

Perhitungan *future* IPR metode Couto's dimulai dengan menghitung nilai *fluid gradient* yang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar Pwf pada sumur X. Seperti pada **Tabel 4.1** yang merupakan tahapan dalam perhitungan metode ini secara rinci langkah perhitungannya dapat dilihat pada lampiran. Sumur X memiliki *datum depth* 2840 ft dengan *static pressure* diperoleh 548.9 Psi maka diperoleh Pwf sebesar 376.8 Psi dan Qo 39.14 BOPD. Besaran nilai Pwf yang diperoleh tergantung dari nilai *fluid gradient* reservoir itu sendiri.

Tabel 4.1 Tahapan Perhitungan *Future* IPR Metode Couto's

Pwf Calculation			
Step	Parameter	Value	Unit
1	Datum	2840	ft
2	SG Mix	0.946	
3	Fluid Gradient	0.41	psi/ft
4	Static Pressure, Ps	548.9	Psi
5	Pwf	376.8	Psi
6	Qo	39.14	BOPD

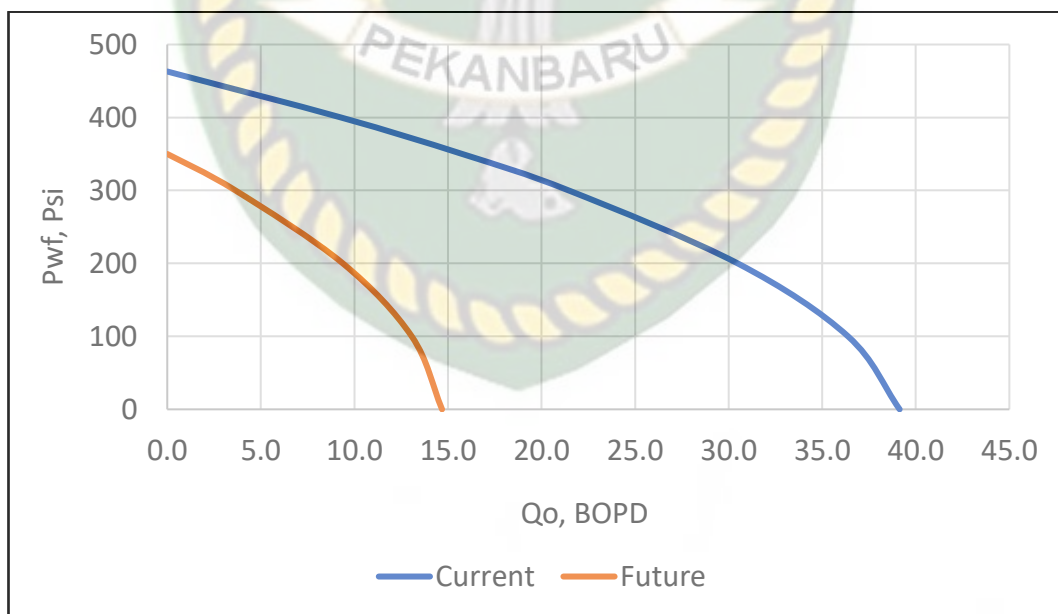
Setelah dilakukan perhitungan IPR metode Couto's maka diperoleh laju alir minyak pada 2 kondisi (*current and future*) yang memperlihatkan penurunan *oil rate* yang sangat signifikan akibat dari penurunan tekanan reservoir. Berdasarkan **Tabel 4.2** diperoleh $Q_{o\max}$ (*current*) sebesar 39.14 bbl/d sedangkan $Q_{o\max}$ (*future*) sebesar 14.68 bbl/d. Adanya penurunan ini disebabkan beberapa faktor yaitu;

1. Penurunan tekanan reservoir dari 463 Psi menjadi 350 Psi.
2. Meningkatnya nilai viskositas dari 2 cp menjadi 3 cp.
3. Penurunan nilai faktor volume formasi minyak dari 1.17 STB/bbl menjadi 1.1 STB/bbl.
4. Perubahan permeabilitas relatif minyak dari 0.4 *fraction* menjadi 0.28 *fraction*.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan IPR (*Current and Future*)

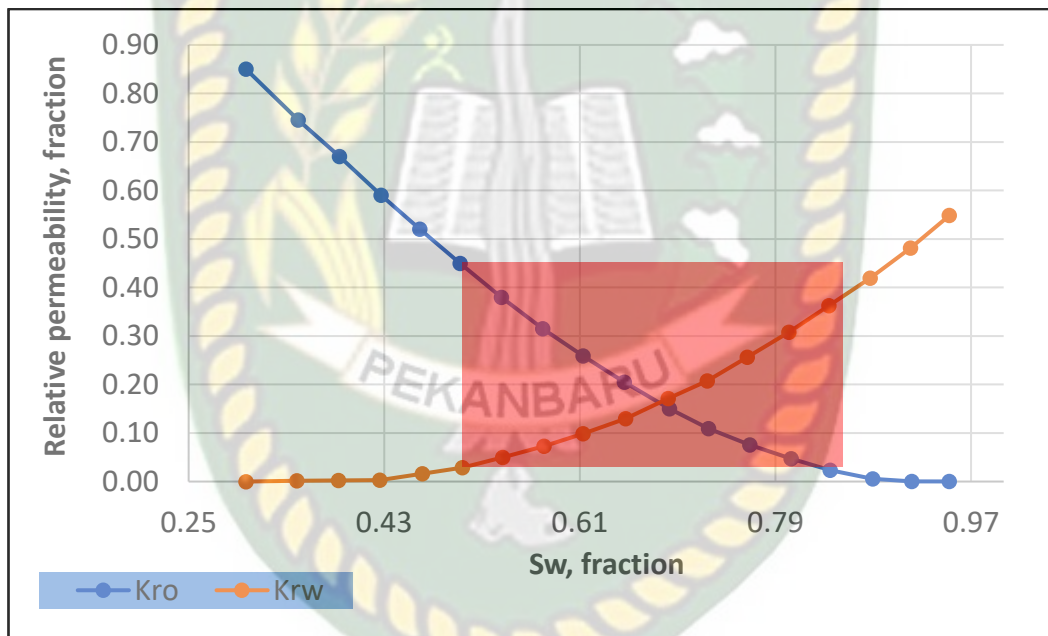
Pwf, Psi	Current Qo, BOPD	Future Qo, BOPD
0	39.14	14.68
100	36.38	13.06
200	30.48	9.38
300	21.45	3.64
350	15.76	0.00
400	9.28	-
456.55	0.00	-

Berdasarkan hasil perhitungan pada **Tabel 4.2** maka dapat diperoleh kurva IPR seperti pada gambar 4.1 yang memperlihatkan perbandingan IPR pada kondisi sekarang dan masa yang akan datang. Adapun asumsi yang digunakan dalam peramalan laju alir di masa yang akan datang ini yaitu tekanan reservoir diasumsikan sebesar 350 Psi, μ sebesar 3 cp, B_o 1.1 STB/bbl dan Kro sebesar 0.28 *fraction*. Berdasarkan bentuk kurva yang diperoleh ini dengan adanya lengkungan pada kurva tersebut yang mengidentifikasi bahwa sumur ini 2 fasa

**Gambar 4.1** Model kurva IPR metode Couto's (*current and future*)

4.1.1 Analisis Pengaruh *Future* IPR Metode Couto's

Berdasarkan persamaan yang dikemukakan oleh Couto's mengasumsikan mobilitas minyak ketika diproduksi tergantung dari faktor volume formasi minyak dan viskositasnya $\left(\frac{k_{ro}}{\mu_o B_o}\right)$. Adapun nilai permeabilitas relatif minyak pada kondisi sekarang yaitu 0.4 dan W_c sebesar 60%. Kemudian, peneliti melakukan sensitivitas berdasarkan data permeabilitas relatif minyak seperti, pada **Gambar 4.2**. Daerah yang diarsir berwarna merah pada gambar tersebut memberikan gambaran penurunan saturasi minyak dan peningkatan saturasi air selama proses produksi berlangsung. Perhitungan *future* IPR pada berbagai nilai K_{ro} bertujuan untuk mengetahui batas produktif sumur tersebut jika dilihat dari perubahan permeabilitas relatif minyak.



Gambar 4.2 Kurva permeabilitas relatif minyak (Abdurrahman, Permadi, Hidayat, & Pangaribuan, 2018)

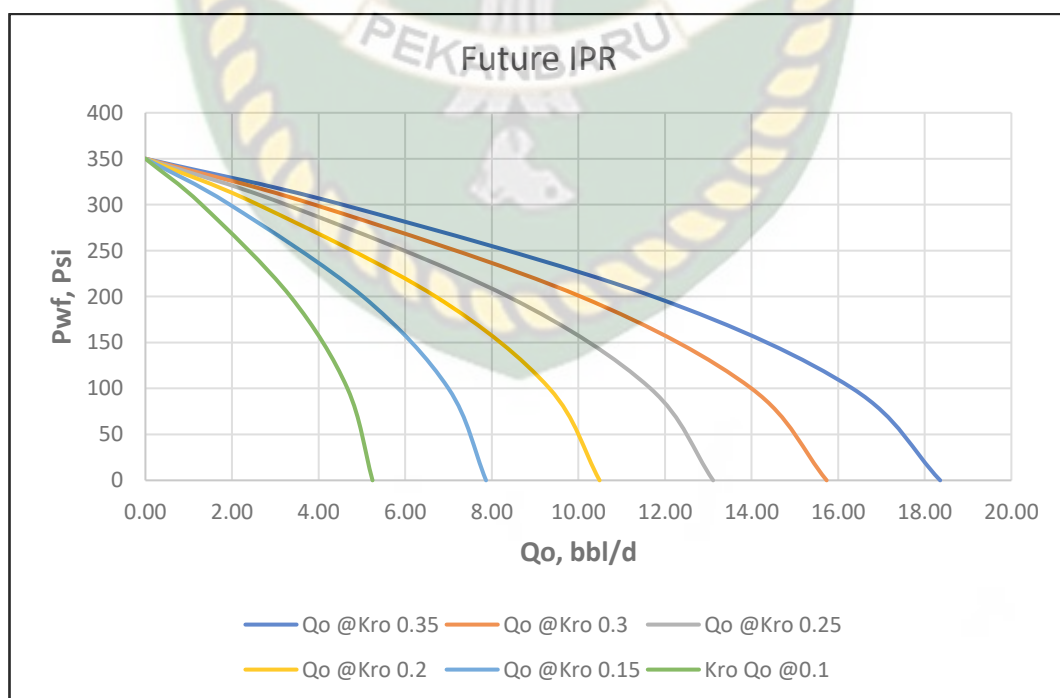
Adapun perhitungan *future* IPR dilakukan pada nilai K_{ro} 0.35, 0.30, 0.25, 0.2, 0.15 dan 0.1 dengan tekanan reservoir 350 Psi. Berdasarkan nilai K_{ro} tersebut diperoleh *future* $Q_{o\max}$ masing – masing sebesar 18.36, 15.73, 13.11, 10.49, 7.87 dan 5.24 bbl/d secara rinci dapat dilihat pada **Tabel 4.3**. Apabila dilihat dari $Q_{o\max}$ yang diperoleh terjadi penurunan laju produksi minyak yang disebabkan oleh

adanya peningkatan saturasi air sehingga menyebabkan berkurangnya saturasi minyak (Cig, 2016).

Tabel 4.3 Hasil Perhitungan *Future Qo* Pada Berbagai Kro

Pwf, Psi	Oil Rate, bbl/d					
	Qo @Kro 0.35	Qo @Kro 0.3	Qo @Kro 0.25	Qo @Kro 0.2	Qo @Kro 0.15	Kro Qo @0.1
0	18.36	15.73	13.11	10.49	7.87	5.24
100	16.33	14.00	11.66	9.33	7.00	4.67
200	11.73	10.05	8.38	6.70	5.03	3.35
300	4.55	3.90	3.25	2.60	1.95	1.30
350	0	0	0	0	0	0

Berdasarkan **Tabel 4.3** dapat dibuat profil *future IPR* yaitu pada **Gambar 4.3** dapat dilihat pengaruh yang signifikan akibat dari penurunan Q_o terhadap Kro. Apabila batas *economics limit* sumur X tersebut adalah 10 bbl/d maka batas maksimal operasional sumur tersebut pada kondisi Kro 0.2. Maka dengan metode ini diharapkan produksi minyak lebih optimal sesuai dengan data permeabilitas relatif reservoir lapangan Y.



Gambar 4.3 Pengaruh *Future IPR* Pada Berbagai Kro

4.2 KURVA IPR METODE EICKMAIR

Perhitungan kurva *future* IPR dengan metode Eickmair dapat diprediksikan mengetahui beberapa data produksi seperti laju alir produksi dimasa sekarang, tekanan reservoir kondisi sekarang dan dimasa depan. Adapun tahapan perhitungan terdapat pada **Tabel 4.4** secara rinci dapat dilihat pada lampiran. Tahapan pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai Q_{max} (*Current*) yang diperoleh dari perkalian antara *prouktivity index* dan perbedaan tekanan ($P_s - P_{wf}$). Kemudian, menghitung Q_{max} (*future*) dan Q_o .

Tabel 4.4 Tahapan Perhitungan *Future* IPR Metode Eickmair

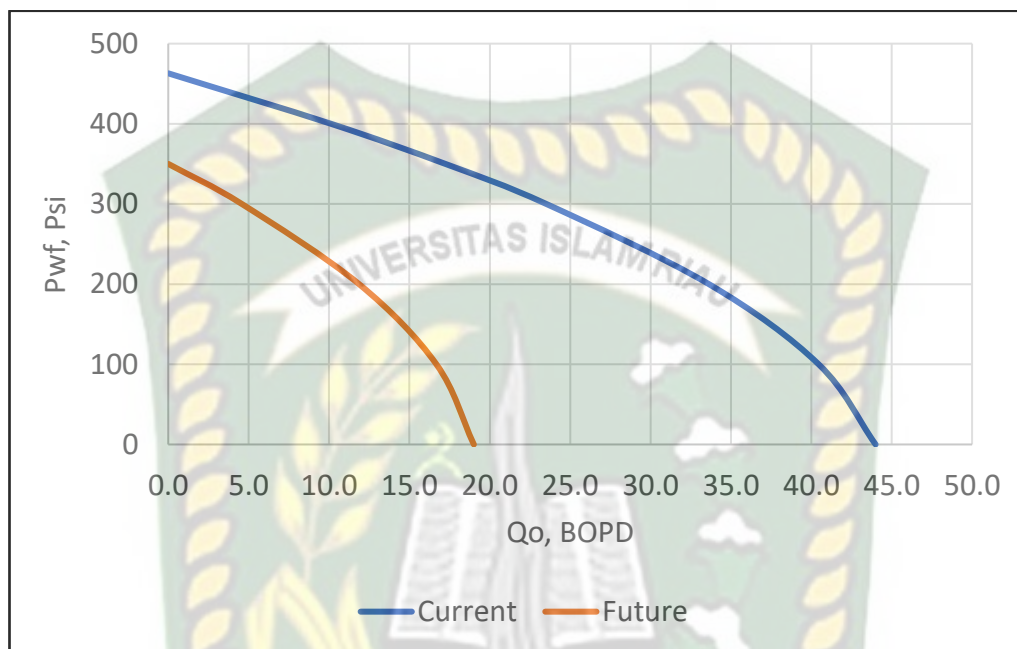
Qo Calculation			
Step	Parameter	Value	Unit
1	Q_{maxP}	44.00	BOPD
2	Q_{maxf}	19.01	BOPD
3	Q_o	5.84	BOPD

Apabila dilihat dari persamaan yang dikemukakan oleh Eickmair sangat sederhana Q_o (*future*) dapat dihitung dengan menggunakan data laju alir sumur yang diperoleh dari uji produksi dan data tekanan reservoir dimasa yang akan datang. Pada **Tebel 4.5** dapat dilihat hasil perhitungan IPR yang mana $Q_{o_{max}}$ (*current*) diperoleh 44 bbl/d dan $Q_{o_{max}}$ (*future*) sebesar 19 bbl/d.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan *Future* IPR Metode Eickmair

IPR Calculation		
P_{wf} , Psi	Current Q_o , bbl/d	Future Q_o , bbl/d
0	44.0	19.0
100	40.5	16.7
200	33.6	11.9
300	23.5	4.6
350	17.2	0
400	10.1	-
456.55	0	-

Berdasarkan bentuk kurva IPR yang diperoleh memperlihatkan lengkungan pada kurva tersebut serta terjadinya penurunan tekanan reservoir dan dapat diidentifikasi bahwa sumur ini 2 fasa. Pada **Gambar 4.4** memperlihatkan perbandingan IPR pada kondisi sekarang dan masa yang akan datang.



Gambar 4.4 Kuva IPR Metode Eickmair (*current and future*)

4.2.1 Analisis Pengaruh *Future* IPR Metode Eickmair

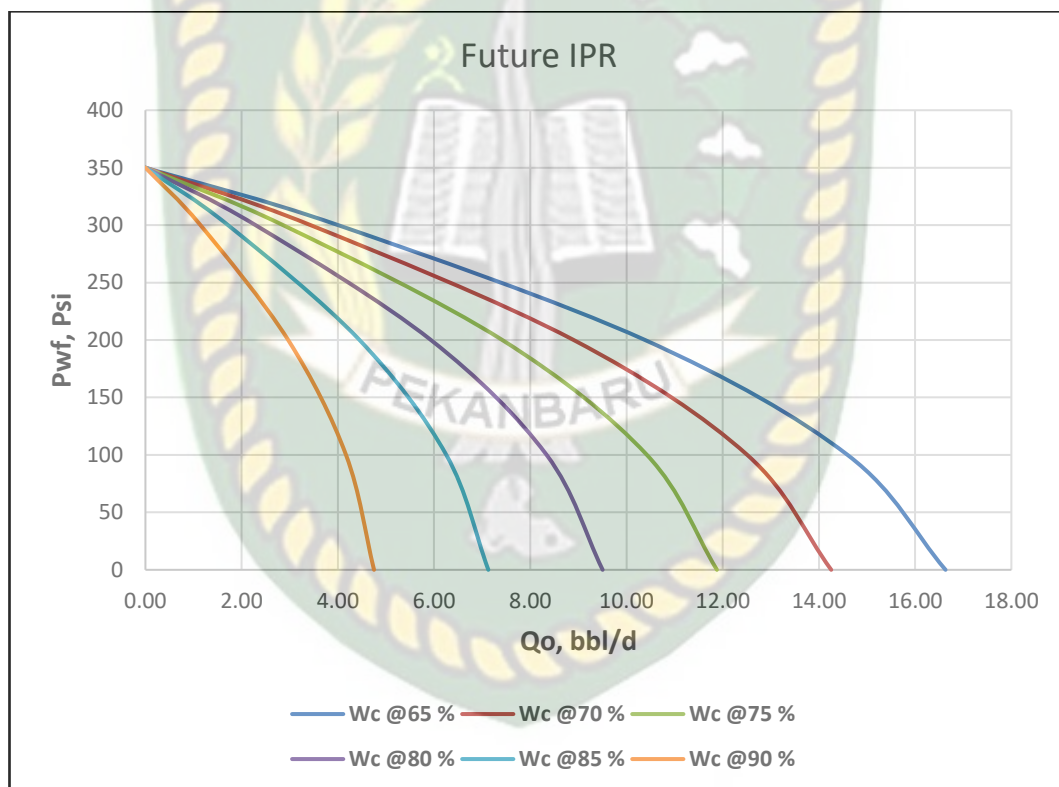
Bedasarkan persamaan yang diusulkan oleh Eickmair maka dapat dilihat pengaruh *future* Q_o terhadap peningkatan W_c oleh sebab itu penulis melakukan sensitivitas pada berbagai nilai W_c dengan tekanan reservoir 350 Psi yang bertujuan untuk mengetahui keakuratan persamaan yang diusulkan oleh Eickmair. Sebab sangat sedikit parameter yang diasumsikan dalam persamaan tersebut kemudian dibandingkan dengan metode Couto's. Pada **Tabel 4.6** merupakan hasil perhitungan *future* Q_o pada berbagai W_c .

Tabel 4.6 Pengaruh *Water Cut* Terhadap *Future* Q_o

Pwf, Psi	Oil Rate, bbl/d					
	Wc @65 %	Wc @70 %	Wc @75 %	Wc @80 %	Wc @85 %	Wc @90 %
0	16.63	14.26	11.88	9.50	7.13	4.75
100	14.59	12.51	10.42	8.34	6.25	4.17
200	10.39	8.90	7.42	5.93	4.45	2.97
300	4.01	3.43	2.86	2.29	1.72	1.14
350	0.00	0	0	0	0	0

Apabila dihubungkan dengan metode Couto's yang sangat berkaitan dengan kurva permeabilitas relatif minyak maka sensitivitas metode Eickmair dapat dilakukan dengan melihat peningkatan W_c terhadap perubahan Q_o *future*. Adapun Q_o yang diperoleh diasumsikan laju alir produksi (Q_f) diasumsikan sebesar 110 BFPD pada saat tekanan reservoir 350 psi.

Pada **Gambar 4.5** memperlihatkan pengaruh dari *future* Q_o terhadap peningkatan W_c . Bentuk dari penurunan Q_o pada masing – masing nilai W_c terjadi secara linear. Pada W_c 65 % diperoleh $Q_{o_{max}}$ sebesar 16.63 bbl/d, W_c 70 % diperoleh $Q_{o_{max}}$ sebesar 14.16 bbl/d, W_c 75 % diperoleh $Q_{o_{max}}$ sebesar 11.88 bbl/d, W_c 80 % diperoleh $Q_{o_{max}}$ sebesar 9.5 bbl/d, W_c 85 % diperoleh $Q_{o_{max}}$ sebesar 7.13 bbl/d dan W_c 90 % diperoleh $Q_{o_{max}}$ sebesar 4.75 bbl/d.



Gambar 4.5 Pengaruh *future* IPR terhadap W_c

4.3 PERBANDINGAN METODE COUTO'S DAN EICKMEIR

Berdasarkan perhitungan yang sudah dilakukan diperoleh $Q_{o_{max}}$ (*current and future*) yang berbeda pada masing – masing metode. Pada kondisi reservoir sekarang dengan metode Couto's diperoleh $Q_{o_{max}}$ sebesar 39.14 bbl/d dan dimasa yang akan datang diprediksikan $Q_{o_{max}}$ sebesar 14.68 bbl/d. Sedangkan $Q_{o_{max}}$ metode Eickmair pada kondisi sekarang 44 bbl/d dan dimasa akan datang yaitu sebesar 19 bbl/d.

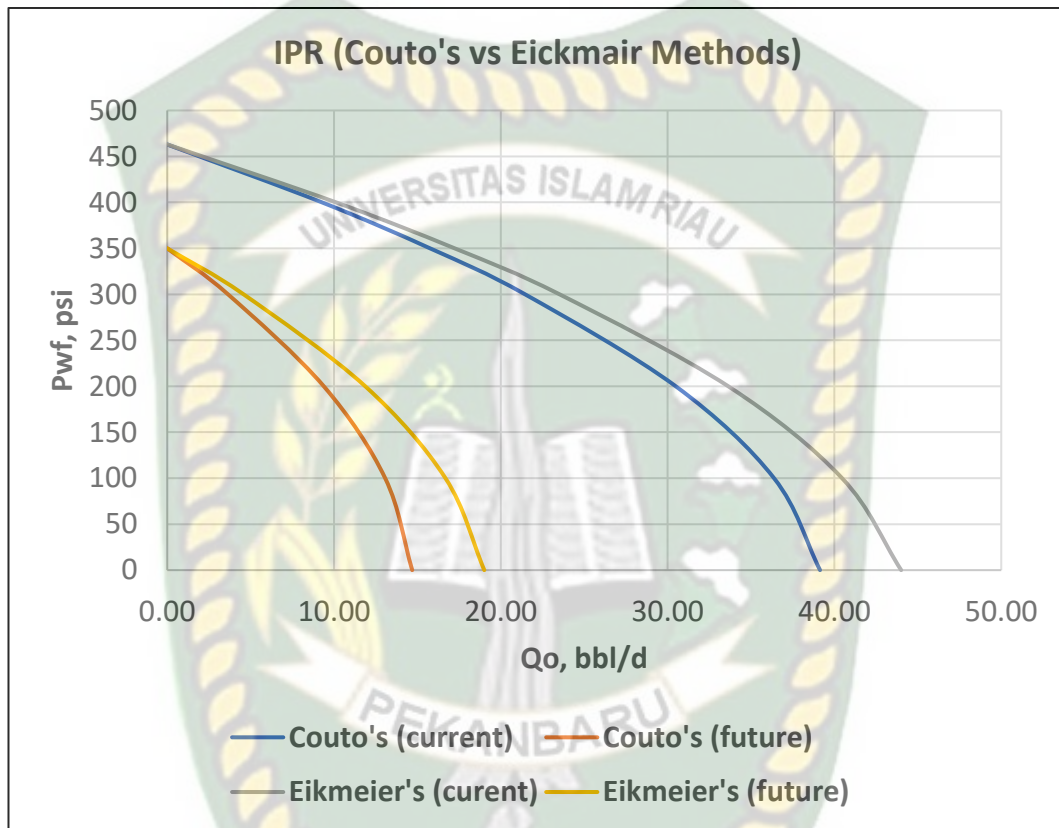
Dari hasil yang diperoleh metode Eickmair memiliki $Q_{o_{max}}$ (*current and future*) yang lebih besar dibandingkan dengan metode Couto's. Sebab, perhitungan $Q_{o_{max}}$ dengan metode Eickmair menggabungkan persamaan Fetkovitch dan persamaan Vogel hanya berdasarkan pada satu data uji alir produksi dan prediksi tekanan reservoir yang akan datang (Salam, Ganope, & Daoud, 2016; Sukarno et al. 2001). Adapun selilih dari kedua metode ini untuk $Q_{o_{max}}$ *current* sebesar 8.9% dan $Q_{o_{max}}$ *future* sebesar 7.75%.

Pada metode Couto's $Q_{o_{max}}$ dihitung berdasarkan persamaan Standing dengan melihat pengaruh dari beberapa parameter. Oleh sebab itu, penurunan ini berbanding lurus dengan turunnya tekanan reservoir dari 463 psi menjadi 350 psi. Turunnya tekanan reservoir ini menyebabkan menurunkan nilai faktor volume formasi dari 1.17 menjadi 1.1 STB/bbl dan meningkatnya viskositas dari 2 cp menjadi 3 cp. Mobilitas fluida reservoir diperhitungkan sedemikian rupa dengan melihat penurunan fraksi minyak dan meningkatnya fraksi air yang mengacu pada data kurva permeabilitas relatif yang mana pada kondisi sekarang nilai Kro adalah 0.4 seiring dengan berjalannya produksi maka dimasa akan datang terjadi penurunan nilai Kro menjadi 0.28. Itulah, beberapa parameter yang mengakibatkan turunnya produksi selain penurunan tekanan reservoir.

Tabel 4.7 Perbandingan $Q_{o_{max}}$ *Current and Future* Metode Couto's dan Eickmair

Metode	Current Q_o , bbl/d	Future Q_o , bbl/d
Couto's	39.14	14.68
Eickmair	44.0	19.0

Gambar 4.6 memperlihatkan perilaku aliran fluida reservoir, dilihat dari lengkungan menunjukkan terjadi penurunan tekanan yang menandakan kurva IPR 2 fasa (Musnal, 2010). Adanya penurunan Q_o dari kedua metode tersebut secara signifikan akibat dari perubahan tekanan reservoir dari 463 psi menjadi 350 psi.



Gambar 4.6 IPR Metode Couto's dan Eickmair

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Setelah melakukan serangkaian perhitungan dan analisis yang dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut;

1. Berdasarkan perhitungan $Q_{o_{max}}$ dimasa yang akan datang dengan metode Couto's sebesar 14.68 bbl/d dan metode Eickmair diperoleh sebesar 19.0 bbl/d.
2. Adanya perbedaan hasil perhitungan IPR *future* disebabkan oleh perbedaan asumsi dan pengembangan metode yang digunakan. Pada metode Couto's mengembangkan persamaan yang dikemukakan oleh Standing sedangkan metode Eickmair mengembangkan metode Fetkovitch dan Vogel. Adapun selisih dari kedua metode ini untuk $Q_{o_{max}}$ *current* sebesar 8.9% dan $Q_{o_{max}}$ *future* sebesar 7.75%.

5.2 SARAN

Berdasarkan kesimpulan yang diperoleh dengan melihat perolehan $Q_{o_{max}}$ yang dihasilkan berdasarkan data Q_t (*fluid rate*) penulis menyarankan untuk menganalisis kerusakan formasi (*skin*) dan secara teknis mengenai penggunaan *artificial lift* sebab laju alir (Q_t) yang diperoleh sangat kecil. Kemudian dilanjutkan perhitungan *future* IPR dengan metode yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, M., Permadi, A. K., Hidayat, F., & Pangaribuan, L. (2018). Pengaruh Parameter Operasional Injeksi CO₂ Terhadap Peningkatan Perolehan: Studi Kasus Lapangan M. *JTMGB*.
- Ahmed, Tarek. 2006. *Reservoir Engineering Handbook Third Edition*
- Beggs, H. D., (1991). “*Production Optimization Using Nodal Analysis*”, Oil & Gas Consultants International Inc. Publications, Tulsa.
- Brown, Kermit E. 1980. *Kermit E. Brown-The Technology of Artificial Lift Methods vol 1-Pennwell Corp (1980)*.
- Brown, Kermit E., dan James F. Lea. 1985. “Nodal Systems Analysis of Oil and Gas Wells.” *JPT, Journal of Petroleum Technology* 37(11):1751–63.
- Brown, K. E. (1997). The Technology Of Artificial Lift Methods. *Tulsa Oklahoma*, 19-70.
- Cig, K. (2016). *In Situ Determination of Relative Permeability and Capillary Pressure Curves Using Multiphase Flow Rates and Pressures of Wireline Formation Testers*. Skotlandia: Heriot-Watt University; Institute of Petroleum Engineering.
- Chase, Robert W., dan Carter A. Shaver. 2009. “Optimal use of Vogel’s dimensionless IPR curve to predict current and future inflow performance of oil wells.” *SPE Eastern Regional Meeting* 295(5):212–20.
- Chon, Reza Oktokilian. 2008. “Peramalan kurva ipr untuk sumur minyak pada reservoir.” 1–14.
- Dias-couto, L. E. (1982). General Inflow Performance Relationship For Solution-Gas Reservoir Wells.
- Daoud, A., Salam, M. A., & Ali, A. (2017). Inflow Performance Relationship Correlation for Solution Gas-Drive Reservoirs Using Non-Parametric Regression Technique. *The Open Petroleum Engineering Journal*
- Evinger, H. H., dan M. Muskat. 1942. “Calculation of Theoretical Productivity Factor.” *Transactions of the AIME* 146(01):126–39.
- Eickmer, J.R.: “How to Accurately Predict Future Well Productivities,” Word Oil (May 1968).
- Gallice, Frederic, dan Michael L. Wiggins. 2004. “A comparison of two-phase inflow performance relationships.” *SPE Production and Facilities* 19(2):100–104.
- Ivanov, V., Prakoso, M., Witast, N., Nainggoloam, W., Kurmiawan, I., & Azzalzalalah. (2016). Challenges Related to the 3D Geo-Cellular Modeling of the Volcaniclastic Mature Meruap Oil Field in Central Sumatra, Indonesia. *AAPG/SEG International Conference & Exhibition, Cancun, Mexico*.

- Jahanbani, A., dan S. R. Shadizadeh. 2009. "Determination of inflow performance relationship (IPR) by well testing." in *Canadian International Petroleum Conference 2009, CIPC 2009*.
- Kelkar, B., & Cox, R. (1985). Unified Relationship To Predict Future IPR Curves for Solution Gas-Drive Reservoirs. *Society of Petroleum Engineers*.
- Karikari, D. (2010). *WELL PERFORMANCE IN SOLUTION GAS DRIVE RESERVOIRS*. Abuja-Nigeria: African University of Science and Technology.
- Musnal, Ali. 2014. "Perhitungan Laju Aliran Fluida Kritis Untuk Mempertahankan Tekanan Reservoir Pada Sumur Ratu Di Lapangan Kinantan." *Journal of Earth Energy Engineering* 3(1):1–8.
- Musnal, A. (2010). Perhitungan Laju Produksi Minyak Optimum Agar Tidak Terjadi Pelepasan Gas dari Minyak dengan Menggunakan Electric Submercible Pump. *Jurnal Saintis*.
- Musnal, A. (2015). Optimasi Perhitungan Laju Alir minyak Dengan Meningkatkan Kinerja Pompa Hydraulic Pada Sumur Minyak Di Lapangan PT. KSO Pertamina Sarolangun Jambi. *Jurnal of Earth Energy Engineering*.
- Musnal, Ali, dan Richa Melisa. 2016. "Perhitungan Analisis Sistem Nodal Untuk Menentukan Laju Alir Minyak Dengan Meningkatkan Range Efisiensi Electric Submercible Pump Pada Sumur di Lapangan Minyak PT. BOB. BSP - Pertamina Hulu." *Journal of Earth Energy Engineering* 5(1):42–51.
- Prabu, U.A. (2002). Diktat Kuliah Teknik Produksi. Universitas Sriwijaya. Indonesia.
- Salam, M. A., Ganope, & Daoud, A. M. (2016). New Inflow Performance Relationship Correlation for Solution Gas Drive Reservoirs Using Non-Parametric Regression Technique. *Mediterranean Offshore Conference and Exhibition in Alexandria*.
- Sukarno, Pudjo, Tutuka Ariadji, &, dan Indhira Regina. 2001. "Pengembangan peramalan kurva ipr dua fasa secara analitis." (1):3–5.
- Yudha Widaputra, Maulana Yusuf, Abuamat HAK. 2015. "Study of the Influence of the Production Pipeline Size At Production Well Y-19 , W-92 , and Hd-91 in Pt . Pertamina Ep." (Id):1–7.