

**ANALISIS PENENTUAN LAJU ALIR MAKSIMUM DAN OPTIMUM
BERDASARKAN GRAFIK IPR PADA SUMUR X LAPANGAN Y
DENGAN MENGGUNAKAN METODE IPR VOGEL**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Butet Friska Simanjuntak

NPM 133210094



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2020

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Butet Friska Simanjuntak

Npm : 133210094

Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Skripsi : Analisis Penentuan Laju Alir Maksimum Dan Optimum Berdasarkan Grafik IPR Pada disumur X Lapangan Y Dengan Menggunakan Metode Vogel

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 : Hj. Fitrianti, S.T., M.T ()

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

Penguji II : Muhammad Aryon, S.T., M.T ()

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 30 November 2020

Disahkan oleh :

**KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN**



Novia Rita S.T., M.T
NIDN: 1006118301

**DOSEN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR**



Hj. Fitrianti, S.T., M.T
NIDN: 1009097501

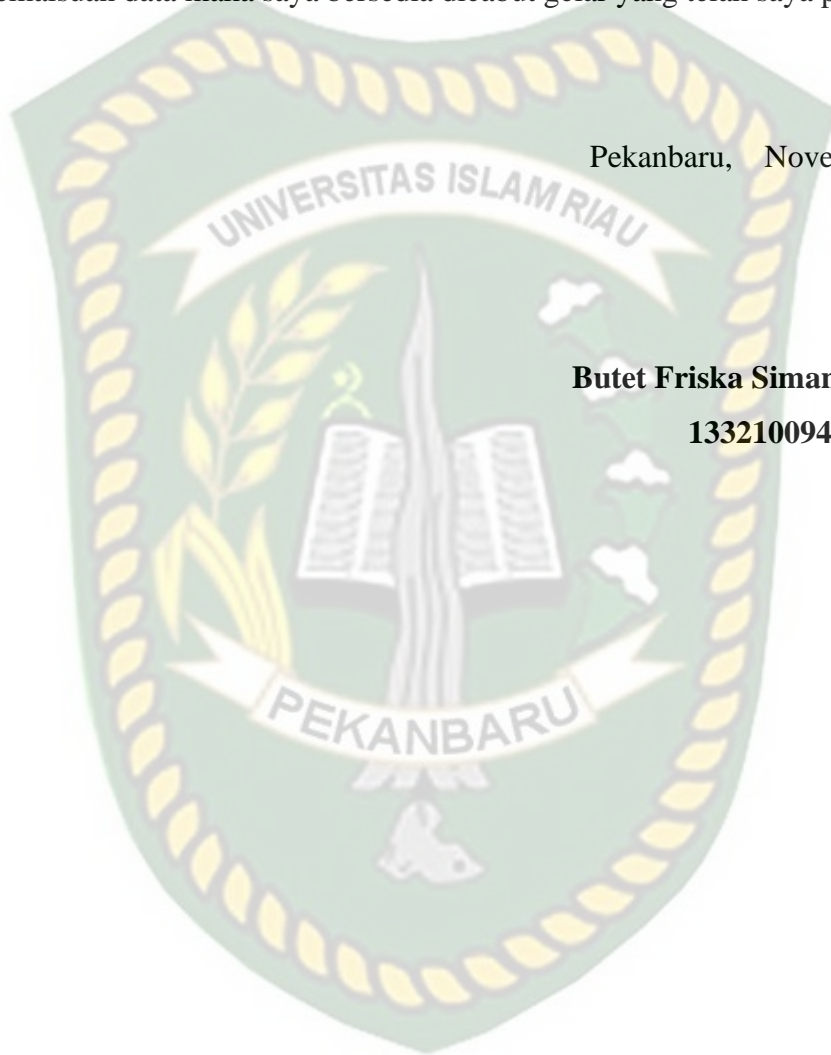
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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, November 2020

Butet Friska Simanjuntak

133210094



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik 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. Tanpa bantuan dari mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar sarjana Teknik ini. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Hj. Fitrianti, S.T., M.T selaku dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dan arahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
2. Ibu Novia Rita, S.T., M.T dan Bapak Tomi Erfando, S.T., M.T selaku ketua dan sekretaris Prodi Teknik Perminyakan serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan, hingga hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
3. Kedua Orang Tua saya dan saudara-saudara saya memberikan semangat dan doa sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Seluruh teman-teman maupun adik junior-junior saya membantu dan meluangkan waktunya.

Teriring doa saya semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, November 2020

Butet Friska Simanjuntak

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
RINGKASAN	x
SUMMARY	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Tujuan Penelitian	2
1.3.Manfaat Penelitian	2
1.4.Tempat Penelitian.....	2
1.5.Batasan Masalah.....	3
BAB II	4
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.2. <i>State of The Art</i>	5
2.3.Metode Pengangkatan Produksi.....	6
2.4.Inflow Performance Relationship (IPR)	7
BAB III	16
METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1.Uraian Metode Penelitian.....	16
3.2.Alir Penelitian (Flow Chart)	16
3.3.Data Yang Dibutuhkan.....	17
3.4.Jadwal Penelitian.....	17
BAB IV	18
HASIL DAN PEMBAHASAN	18
4.1.Hasil Penelitian	18
4.1.1. Menentukan IPR Estimasi Pada Sumur.....	19
4.1.2. Menentukan <i>inflow</i> dan <i>outflow</i>	20
4.2.Pembahasan Penelitian.....	21
BAB V	23
KESIMPULAN DAN SARAN	23

5.1.Kesimpulan	23
5.2.Saran.....	23
DAFTAR PUSTAKA	24



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR GAMBAR

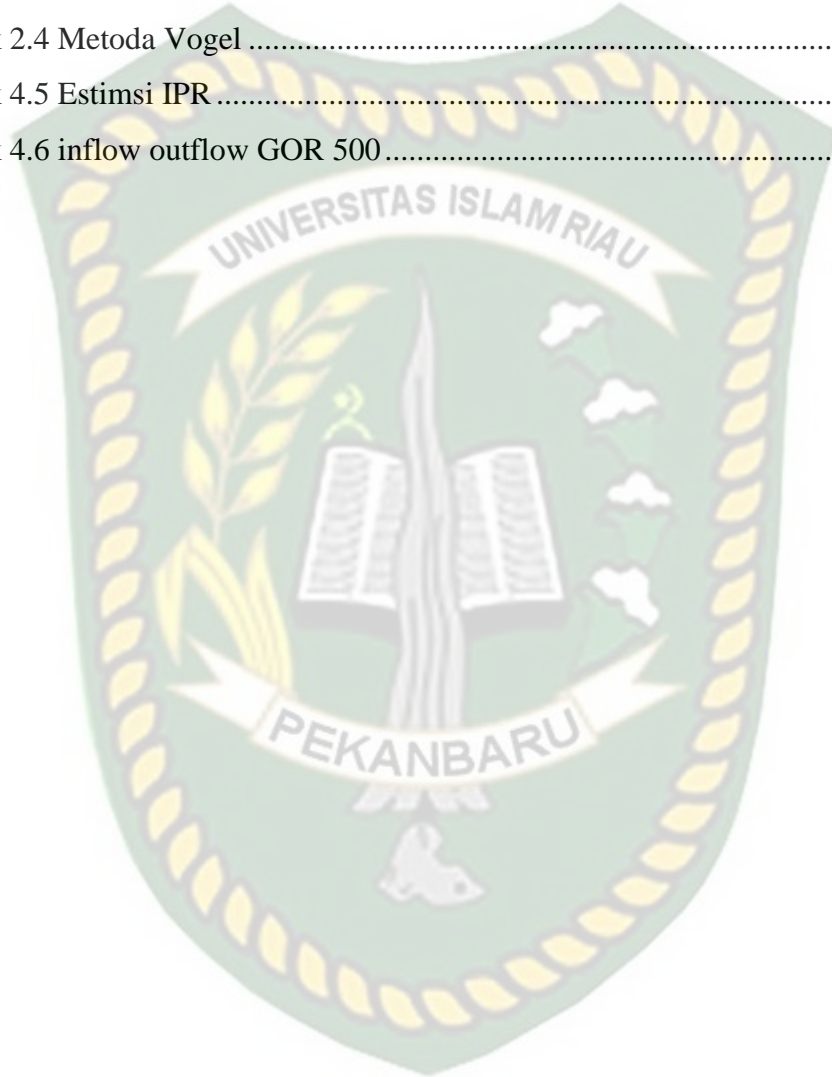
Gambar 2.1 Analisi Nodal (Hermadi,2013)..... 7
Gambar 2.2 Diagram Alir 28



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR GRAFIK

Grafik 2.1 Kurva IPR Aliran 1 Fasa.....	12
Grafik 2.2 Kurva IPR Aliran 2 Fasa.....	14
Grafik 2.3 Kurva IPR Aliran 3 Fasa.....	15
Grafik 2.4 Metoda Vogel	15
Grafik 4.5 Estimsi IPR	32
Grafik 4.6 inflow outflow GOR 500	33



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 State of The Art.....	5
Tabel 3.2 Jadwal Penelitian.....	17
Tabel 4. 3 Data Perhitungan.....	30
Tabel 4. 4 Data Sumur SM - 3	31
Tabel 4. 5 Estimasi IPR Sumur SM-3.....	32



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

ANALISIS PENENTUAN LAJU ALIR MAKSIMUM DAN OPTIMUM
BERDASARKAN GRAFIK IPR PADA SUMUR X LAPANGAN Y DENGAN
MENGUNAKAN METODE IPR VOGEL

Butet Friska Simanjuntak

NPM 133210094

RINGKASAN

Pada tahap awal dilakukannya suatu produksi dilakukan secara natural flow dimana dengan menggunakan tekanan reservoir yang cukup besar yang mendorong fluida ke atas permukaan. Seiringnya waktu tekanan reservoir mengalami penurunan produksi yang diakibatkan karena penurunan tekanan, laju produksi air yang besar, dan permasalahan sumur lainnya. Sehingga dilakukan analisis nodal, analisis nodal merupakan suatu cara atau teknik dalam menentukan hubungan antara inflow performance relationship dengan tubing intake yang dapat menentukan hubungan laju alir produksi yang optimum. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah laju alir maksimum berdasarkan grafik IPR dan menentukan laju alir optimum berdasarkan perbedaan harga GOR. Dengan mengetahui laju alir optimum sehingga produksi dapat diatur sebaik mungkin agar proses produksi dapat bertahan lama sampai penggunaan metode artificial lift dan metode sekunder lainnya. Pada analisis ini nilai pwf yang di dapatkan yaitu 1101 psi dan untuk nilai laju alir maksimum 1642.897 bopd dapat dilihat grafik IPR 4.1. Untuk jumlah laju alir optimum yang didapatkan dengan grafik pressure traverse 100 psi dengan nilai GOR 500 scf/bbl dengan memplot grafik IPR yaitu 1350 bopd.

Kata Kunci : Optimasi, Laju Alir Fluida, Analisis Nodal, IPR

ANALYSIS OF DETERMINATION MAXIMUM AND OPTIMUM FLOW
BASED ON IPR GRAPHICS IN Y WELLS X FIELD USING IPR VOGEL
METHOD

Butet Friska Simanjuntak

NPM 133210094

SUMMARY

In the initial stage of production, a natural flow is carried out using a large enough reservoir pressure that pushes the fluid to the surface. Over time the reservoir pressure decreases in production due to pressure drops, large water production rates, and other well problems. So that the nodal analysis is carried out, nodal analysis is a method or technique in determining the relationship between the inflow performance relationship with the intake tubing which can determine the optimum production flow rate relationship. This study aims to determine the maximum amount of flow rate based on the IPR graph and determine the optimum flow rate based on the difference in GOR prices. By knowing the optimum flow rate so that production can be adjusted as best as possible so that the production process can last a long time until the use of artificial lift methods and other secondary methods. In this analysis the pwf value obtained is 1101 psi and for the maximum flow rate value of 1642,897 bopd can be seen in the IPR 4.1 graph. For the optimum amount of flow rate obtained with a pressure traverse graph of 100 psi with a GOR value of 500 scf / bbl by plotting the IPR graph, namely 1350 bopd.

Keywords: Optimization, Fluid Flow Rate, Nodal Analysis, IPR

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam suatu produksi awal pada tahap ini dilakukan secara natural flow atau dengan menggunakan tekanan reservoir yang memiliki tekanan yang cukup untuk mendorong fluida untuk naik ke atas permukaan namun seiring berjalannya waktu produksi akan mengalami penurunan produksi yang diakibatkan penurunan tekanan pada reservoir sehingga dibutuhkan salah satu analisis yang disebut analisis nodal. (Hermadi, 2013)

Pada proses produksi merupakan mencari suatu cara optimal yang digunakan dalam memproduksi fluida yang ada di dalam reservoir sampai ke permukaan, kegiatan ini bukanlah suatu cara yang mudah. Apabila hal ini tidak diperhatikan maka kemungkinan besar tenaga pendorong sudah habis namun minyak banyak tersisa di dalam reservoir. Oleh karena itu perlu dioptimalkan perolehan produksi minyak agar hasilnya memberikan profit yang maksimal. (Musnal, 2014)

Suatu produksi tinggi adalah salah satu cara untuk mendapatkan keekonomian suatu produksi, namun dibalik semua yang terpenting yaitu apa yang diproduksi. Apabila suatu perhitungan salah maka yang terproduksi bisa saja air formasi namun air memiliki peranan penting sebagai tenaga pendorong sehingga pentingnya menghitung jumlah laju alir yang optimal dan maksimal agar proses produksi dapat bertahan lebih lama dan maksimal. Pada sumur yang diteliti masih dalam pengembangan sehingga masih perlu dilakukan perhitungan optimum agar menyesuaikan kemampuan produksi dengan kemampuan alat, sedangkan mengetahui nilai maksimumnya adalah untuk mengetahui kemampuan maksimum sumur dapat diproduksi. (Vera Ketut, 2019)

Analysis nodal merupakan suatu cara atau teknik dalam menentukan hubungan antara inflow performance relationship dengan tubing intake yang dapat menentukan hubungan laju alir produksi yang optimum. Vertical Lift Performance (VLP) adalah kemampuan sumur untuk menghasilkan batas tekanan permukaan yang konstan. Disumur yang mengalir, ini disebut tubing intake atau outflow

performance dan Cairan mengalir masuk tabung ini adalah aliran simultan gas dan cairan bebas, yang keduanya dapat dicampur secara homogen atau cair dalam bentuk siput yang digerakkan oleh kolom gas. (Fitrianti, Dike F. Putra, Desma Cendra, 2017)

Menggambarkan kinerja kurva aliran dengan baik biasanya dengan tekanan intake ke tubing sebagai fungsi dari laju alir produksi dengan plot berbagai Gas liquid ratio (GLR). IPR sumur yang dimasukkan dan titik-titik berpotongan dengan kurva tekanan ke dalam tubing dapat mengidentifikasi produksi tertinggi untuk setiap GLR yang diberikan. (simmon, 2012)

Pada penelitian sebelumnya di lapangan Y yang bertujuan untuk menaikkan performa produksi *gas lift* menggunakan *prosper modeling* mendapatkan hasil positif yang dilakukan dengan menurunkan tekanan kepala sumur (PWH) hingga 150 psi dapat menambah produksi 150 bbls/d dengan metode IPR Vogel kurva *inflow performance relationship* (IPR) vs *vertical lift performance* (VLP). Pada penelitian selanjutnya akan menganalisis hubungan Inflow performance Relationship vs Outflow performance Relationship yang bertujuan untuk menentukan laju alir produksi secara maksimum dan optimum berdasarkan kurva IPR dengan harga atau nilai GOR yang berbeda yang dilakukan secara manual yang dilakukan secara manual.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Menentukan jumlah laju alir maksimal berdasarkan grafik IPR
2. Menentukan jumlah laju alir optimum berdasarkan perbedaan harga Laju Alir.

1.3. Manfaat Penelitian

Pada penelitian ini mempunyai manfaat yaitu untuk mengetahui hasil laju alir optimum agar produksi dapat berjalan dengan baik.

1.4. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kampus Universitas Islam Riau dengan menggunakan data sekunder (Jurnal)

1.5. Batasan Masalah

Pada penelitian ini agar mendapatkan hasil yang baik maka tujuan dilakukan penelitian ini dibatasi agar tidak menyimpang, pada penelitian ini hanya berfokus kepada penentuan laju alir maksimum berdasarkan grafik IPR dan Laju alir optimum berdasarkan perbedaan harga Laju Alir. Penelitian ini juga mengabaikan nilai skin dan tidak menghitung keekonomian



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam memproduksi fluida dari formasi produktif dengan pompa benam listrik sebagai Artificial Lift, diperlukan pengkaitan secara terpadu antara parameter Reservoir dan produksi dengan pompa benam listrik, sesuai dengan hal tersebut maka dalam bab ini akan dibahas prinsip-prinsip dasar yang melatarbelakangi penggunaan pompa benam listrik pada sumur produksi, serta parameter yang menyatakan produktivitas formasi yaitu Produktivitas Index (PI) dan Inflow Performance Relationship (IPR).

2.1 Produktivity Index (PI)

Produktivitas Indeks 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. Secara matematis bentuknya dapat dituliskan sebagai berikut:

$$PI = J = \frac{q_o}{P_s - P_{wf}} \text{STB/Day/Psi}$$

PI = Productivity Index, bpd/psi

Q = Laju Produksi, bbl/day

P_s = Tekanan Statistik Dasar Sumur, Psi

P_{wf} = Tekanan Alir Dasar Sumur, Psi

Secara teoritis persamaan dapat didekati oleh persamaan radial dari Darcy untuk fluida homogen, incompressible dan horizontal. Dengan demikian untuk aliran minyak saja berlaku hubungan :

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 diketahui hubungan sebagai berikut ini, dimana $PI (J)$ pada saat $P_{wf} = 0$ Psi adalah:

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

2.2.State of The Art

Tabel 2. 1 State of The Art

1	Judul	Optimasi Perhitungan Laju Alir Minyak Dengan Meningkatkan Kinerja Pompa Hydraulic Pada Sumur Minyak di Lapangan PT. KSO Pertamina Sarolangon Jambi.
	Penulis	(Musnal, 2015)
	Metode	Metoda dalam penelitian inidilakukan dengan merujuk ke referensi yang berhubungan dengan permasalahan. Kemudian di aplikasikan pada lapangan sumur minyak. dengan melakukan terjun langsung kelapangan untuk mengumpulkan data-data lapangan, setelah itu memprosesdata dan mengevaluasi untuk mendapatkan gambaran efisiensi pompa terpasang.
	Hasil	Kondisi real dengan hasil perhitungan terdapat perbedaan stage, horse power pompa dan laju produksi. pompa dalam kondisi baik untuk semua sumur kajian, pada sumur F-02 dan F-04 agar meningkatkan laju produksi dan menghindari pompa bekerja pada kondisi downtrush maka dari hasil analisa sebaiknya ditambahkan panjang stage dari 44 stage menjadi 75 stage pada sumur F-02 dan 120 stage menjadi 150 stage pada sumur F-04.
2.	Judul	The Critical Investigation on Esensial Parameters to Optimize the Gas Lift Performance In “J” Field Using Prosper Modelling
	Penulis	(Fitrianti, 2018)
	Metode	Metodologi penelitian dilakukan sebagai berikut; Pengumpulan data, diperlukan beberapa analisis seperti jumlah sumur lapangan gas aktif dan status kinerja lapangan, mengidentifikasi laju aliran sumur gas lift pada tekanan immiscible dan miscible tercapai, menganalisis pengaruh parameter tekanan maksimum yang terkait dengan nilai viskositas. Cairan dalam kondisi larut baik sebelum disentuh. Dan terakhir, menentukan kondisi optimal untuk mendapatkan kinerja sumur terbaik.

Hasil	Tekanan yang tidak dapat bercampur memberikan efek terbaik dalam viskositas minyak pada sistem sumur angkat gas. Grafik hasil menentukan kondisi optimal untuk mendapatkan kinerja sumur terbaik, yaitu mengikuti garis linier dan memperoleh liquid rate “optimal” 1669 STB / D dengan oil rate 33,4 STB / D untuk Pwh 246 psi.
-------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

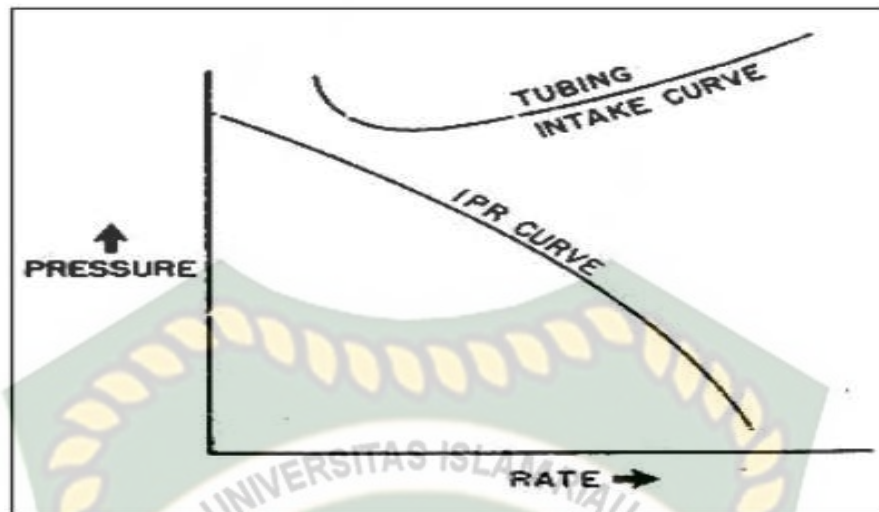
2.3. Metode Pengangkatan Produksi

Ada beberapa tahapan dalam produksi minyak dimulai dari primer, sekunder, dan tersier. Proses premier dengan menggunakan energi alami reservoir dan artificial lift yaitu ESP, Sucker Rod Pump, maupun gas lift. Untuk Proses sekunder dilakukan dengan menginjeksikan fluida tak bercampur seperti gas atau air untuk mendesak minyak untuk naik ke permukaan atau disebut pressure maintenance.

Untuk proses terakhir yaitu proses tersier yaitu cara produksi menginjeksikan fluida tercampur untuk memaksimalkan peroleh minyak atau disebut EOR (Enhanced Oil Recovery). (Sugiharto, 2005) EOR merupakan suatu metode perolehan minyak dengan cara penguraian minyak dengan bantuan energi luar. (Pendahuluan, 2018)

Untuk usaha pengoptimalan dalam suatu produksi harus dilakukan dan direncanakan dan dihitung dengan baik dan cermat dan mempertimbangkan banyak biaya atau keekonomian. Untuk biaya yang dikeluarkan pada suatu metode pengangkatan buatan harus dapat disesuaikan dengan jumlah produksi yang diperoleh. (Hermadi G.)

Pada persamaan inflow dan outflow berbeda dan berpotongan pada suatu titik, pada titik perpotongan ini menentukan tekanan dan laju alir yang terjadi dalam sistem. Apabila kedua kurva tidak berpotongan berarti sumur tersebut tidak mampu memproduksi fluida menuju permukaan, gambar dapat dilihat :



Gambar 2.1 Analisa Nodal (Hermadi,2013)

2.4. Inflow Performance Relationship (IPR)

Pada saat proses produksi berjalan setiap reservoir akan mengalami penurunan, hal ini diakibatkan karena perubahan sifat fisik fluida maupun batuan reservoir yaitu perubahan sifat fisik fluida dan batuan reservoir seperti jumlah kelarutan gas di dalam minyak, viskositas, dan faktor volume formasi. Pada saat penurunan produksi maka produksi kumulatif mengakibatkan meningkatnya produksi air yang berpengaruh harga permeabilitas relatif minyak. Maka apabila terjadi perubahan maka terjadi juga perubahan kinerja aliran fluida dari reservoir dari formasi hingga kelubang sumur dan perubahan itu dapat diramalkan dengan membuat kurva IPR. (Sukarno, Ariadji, & Regina, 2001)

Ada dua faktor dalam membentuk gradien tekanan yaitu tekanan bubble point dan solution gas oil ratio sangat berpengaruh untuk pembentukan gradien tekanan untuk aliran minyak pada kondisi tekanan dan suhu apa pun. (S. Kumar, 2013) Untuk menggambar kurva IPR maka membutuhkan data awal yaitu laju produksi, p_r , dan p_{wf} . Untuk mendapatkan data itu p_r dan p_{wf} dibutuhkan data DFL dan SFL yang di dapat dari sonolog. (Praktik, 2019)

Dalam kasus fluida konvensional, ketika tekanan formasi mencapai tekanan bubble, gas berevolusi dari larutan. kuantitas gelembung gas meningkat dalam tekanan fase cair dan tekanan turun dan gelembung-gelembung ini bergabung dengan masing-masing untuk dari fase gas bebas. Waktu yang

dibutuhkan untuk pembuatan gelembung dan penggabungan dalam wadah minyak konvensional umumnya kecil. (R. Kumar & Mahadevan, 2012)

Reservoir yang konvensional mungkin membutuhkan waktu beberapa tahun untuk mencapai stabil dan evaluasi kinerjanya melibatkan pemodelan kompleks volume reservoir terstimulasi (SRV) dan diperlukan pengetahuan teknik reservoir lanjutan. sebagai hasilnya, beberapa konsep dan konsep IPR tradisional tidak berlaku. setelah sejarah cocok dengan kinerja sumur, model reservoir yang dihasilkan digunakan dalam prosedur lurus untuk mendapatkan IPR transien dalam dari yang serupa dengan IPR konvensional. ini berarti dapat digunakan dengan analisis nodal untuk menentukan efek perubahan tekanan aliran pada laju aliran masuk. (Shahamat, Hamed Tabataba'i, Mattar, & Motamed, 2015)

Banyak sekali permasalahan yang sering menghambat aktivitas produksi sehingga target produksi optimal tidak tercapai, salah satu permasalahan yaitu salah pemilihan tubing. Tubing yaitu suatu pipa produksi yang berfungsi mengalirkan fluida, maka untuk memilih ukuran diameter tubing dapat dievaluasi berdasarkan kemampuan produksi suatu sumur atau disebut dengan indeks produktivitas (PI). (Jahanbani & Shadizadeh, 2009)

Apabila terjadi kesalahan dalam pemilihan tubing maka dapat mengakibatkan penurunan produksi dengan cepat yang biasanya terjadi apabila tubing terlalu besar maka dapat terbentuknya scale dan apabila terlalu kecil dapat menimbulkan kerusakan formasi akibat pasir dan dapat menyumbat pori-pori formasi. (Ramadhani et al., 2018) Scale merupakan salah satu problem dalam produksi dalam sistem air, diakibatkan perubahan suhu, tekanan, dan PH sehingga keseimbangan ion-ion melebihi kelarutannya sehingga membentuk endapan atau padatan baik reservoir maupun sepanjang pipa. (Permasalahan et al., 2017)

Dalam menghitung produksi sumur minyak, sudah biasa diasumsikan bahwa laju produksi sebanding dengan drawdown. Dengan menggunakan asumsi ini, perilaku sumur dapat terjadi dijelaskan oleh indeks produktivitasnya (PI). Hubungan PI ini dikembangkan dari hukum Darcy untuk kondisi steady aliran radial dari fasa single, cairan yang tidak dapat dimampatkan. Meskipun Muskat menunjukkan bahwa hubungan itu tidak valid kapan baik minyak dan gas mengalir di reservoir, penggunaannya terus berlanjut karena kurangnya perkiraan

yang lebih baik. Gilbert mengusulkan metode analisis sumur menggunakan kurva laju produksi diplot terhadap tekanan sumur bawah-lubang; dia menyebut ini grafik lengkap *inflow Performance Relationship* (IPR) sebuah sumur. (Camacho-V & Raghavan, 1989)

Salah satu cara paling efektif untuk menilai kinerja ini adalah melalui penggunaan kurva *inflow performance relationship* (IPR) dan *Outflow Performance Relationship* (OPR). Dalam engineer yang digunakan dalam produksi minyak bumi untuk mengevaluasi kinerja sumur dengan merencanakan tingkat produksi minyak dengan tekanan lubang dasar sumur yang biasanya disebut dengan IPR. IPR digunakan untuk mengevaluasi berapa banyak barel minyak dan gas yang dapat diproduksi per psi terhadap drawdown. selain itu dapat digunakan untuk membantu dalam merancang, menghitung, dan memperkirakan berbagai parameter seperti pengangkatan buatan, peralatan penyelesaian sumur, evaluasi workover dll. (Tariq, Abdulraheem, Khan, & Sadeed, 2018) Untuk OPR menggambarkan penurunan tekanan yang harus dilepaskan ketika fluida mengalir melalui pipa dan pemisah minyak gas dalam pipa. (AL-Dogail, Baarimah, & Basfar, 2018)

Untuk kurva IPR satu fasa terjadi apabila tekanan reservoir lebih besar dari tekanan bubble point, dimana pada kurvanya akan membentuk garis linier dengan harga PI yang konstan. Maka persamaannya dapat ditulis (Musnal, 2014):

$$PI = \frac{q}{P_s - P_{wf}} bbl/d/psi \quad (1)$$

Persamaan diatas menunjukkan aliran masuk kedalam sumur berbanding lurus, menurut muskat bahwa tekanan turun dibawah P_b maka kurva kinerja aliran masuk menyimpang dari hubungan garis lurus sederhana. (Fattah, Elias, El-Banbi, & El-Tayeb, 2014)

Banyak korelasi IPR Banyak korelasi IPR membahas kelengkungan pada kurva kinerja aliran masuk dalam kasus larutan gas drive reservoir minyak di mana p_b adalah reservoir awal tekanan. Berdasarkan survei literatur, korelasi HKI yang paling dikenal dapat dibagi lagi menjadi korelasi yang diturunkan secara empiris dan analitik. Beberapa yang paling dikenal korelasi empiris adalah Vogel (1968), Fetkovich (1973), Kilns dan Majcher (1992), Wiggins (1993), dan

Sukarno et al. (1995). Beberapa korelasi analitik yang paling dikenal adalah Wiggins et al. (1991, 1992), dan Del Castillo, et al. (2003). (Reader et al., 2012)

Hal yang pertama dilakukan untuk mengetahui kondisi optimasi produksi sumur antara lain pemodelan sumur produksi, pemodelan yang dilakukan dengan membuat kurva IPR (Inflow Kinerja Relationship) (Novrianti, Mursyidah, & Teguh, 2017). Untuk persamaan yang di gunakan berupa persamaan empiris yang tersedia untuk pemodelan IPR dari reservoir dua fase . Persamaan empiris ini termasuk persamaan Vogel (1968) yang diperpanjang oleh Standing (1971), Persamaan Vogel masih banyak digunakan di industri. Itu ditulis sebagai : (Guo, Boyun; Lyons, William; Ghalambor, 2007)

$$\frac{Q_o}{Q_{\max}} = 1 - 0,2 (P_{wf} / P_s) - 0,8 (P_{wf} / P_s)^2 \quad (1)$$

Dimana :

Q_o : Laju alir awal, Bbl/d

Q_{\max} : Laju Alir maksimal, bbl/d

P_{wf} : Tekanan dasar sumur, psi

P_s : Tekanan reservoir, psi

Pada persamaan di atas digunakan untuk menggambarkan grafik kinerja dari aliran fluida dari formasi ke lubang sumur berdasarkan data dari uji produksi dan tekanan, untuk data uji produksi di peroleh laju produksi dan tekanan alir dasar sumur (p_{wf}). (sudaryadi, amin, & abro, 2014)

Pada penggunaan kurva IPR dan TPR telah digunakan untuk menggambarkan skema tentang pengoptimalan produksi pada penggunaan heating treatment pada sumur minyak berat dengan API 18.5 (0.95 g/cc oil density) penggunaan kurva ini berhasil dilakukan dengan produksi gross wellnya yaitu 12.2 bopd dan memperoleh 97.5% water cut. (Hakiki et al., 2017)

Bentuk umum korelasi IPR vogel (kuadrat) dapat diturunkan dengan menggunakan asumsi profil mobilitas linier (analog dengan derivasi dari persamaan "deliverability" kuadrat-tekanan yang diajukan oleh Fetkovich untuk kasus reservoir reservoir penggerak gas larutan. kubik dan Formulasi IPR kuartik

yang diturunkan menggunakan ekspansi kuadratik dan kubik untuk mobilitas fasa minyak dianggap unik karena hasil ini diturunkan berdasarkan pada kesimpulan dari fungsi mobilitas karakteristik.(Ilk, Camacho-Velázquez, & Blasingame, 2007)

Akumulasi hidrokarbon selalu dikaitkan dengan cairan (pembentukan air), yang dapat terjadi sebagai akuifer luas di bawahnya dengan lapisan bantalan hidrokarbon sebagai penghubung air. Cairan ini umumnya mengandung garam, dengan berbagai komposisi dan konsentrasi. Keberadaan air dalam aliran produksi biasanya menimbulkan beberapa tantangan selama produksi minyak menghasilkan gangguan dengan laju aliran masuk minyak. Produksi air membunuh sumur minyak dan gas, meninggalkan sejumlah besar hidrokarbon di reservoir. Studi yang dilakukan pada sampel besar sumur gas mengungkapkan bahwa angka cadangan asli harus dikurangi sebesar 20% untuk masalah air saja.

Bendakhlia dan Aziz (1989) menunjukkan bahwa menggunakan IPR yang dikembangkan untuk sumur vertikal memberikan hasil yang tidak memuaskan aliran sumur horizontal yang seharusnya memiliki IPR turunannya sendiri. Furui, Zhu dan Hill (2003) juga mencatat bahwa pola drainase dan geometri aliran sumur horizontal dan vertikal berbeda. Sumur horizontal lebih mungkin memiliki aliran radial di dekat lubang sumur dan aliran linear menjauh dari lubang sumur sementara sumur vertikal paling mungkin dimiliki, hanya aliran radial, menyoroti kebutuhan untuk IPR terpisah. (Goodwill & Appah, 2019)

Keberadaan uap di reservoir berkarbonasi yang retak secara alami telah banyak terlihat di reservoir minyak dan gas. aliran multifase sedang berlangsung di multimedia seperti matriks, fraktur dan bug. karenanya, hukum darcy terkenal yang standar mungkin tidak berlaku untuk menggambarkan aliran multifasa seperti reservoir. model konseptual triple-kontinum baru telah dikembangkan oleh beberapa peneliti untuk membantu memahami perilaku aliran multifasa melalui reservoir karbonat rekahan vuggy. (Youssef & Al Nuaim, 2017)

2.4.1 IPR Aliran Fluida Satu Fasa

Perhitungan aliran fluida satu fasa dari formasi ke dasar sumur pertama kali dikembangkan oleh Darcy untuk aliran non-turbulen dan dikembangkan oleh Jones, Blount dan Glaze untuk aliran turbulen. Index Produktivitas untuk aliran

steady state bila digunakan konsep tekanan reservoir rata-rata dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$J = \frac{q}{P_e - P_{wf}}$$

dimana :

J = index produktivitas

Q = laju produksi, bbl

P_e = tekanan rata-rata reservoir, psi

P_{wf} = tekanan alir dasar sumur, psi

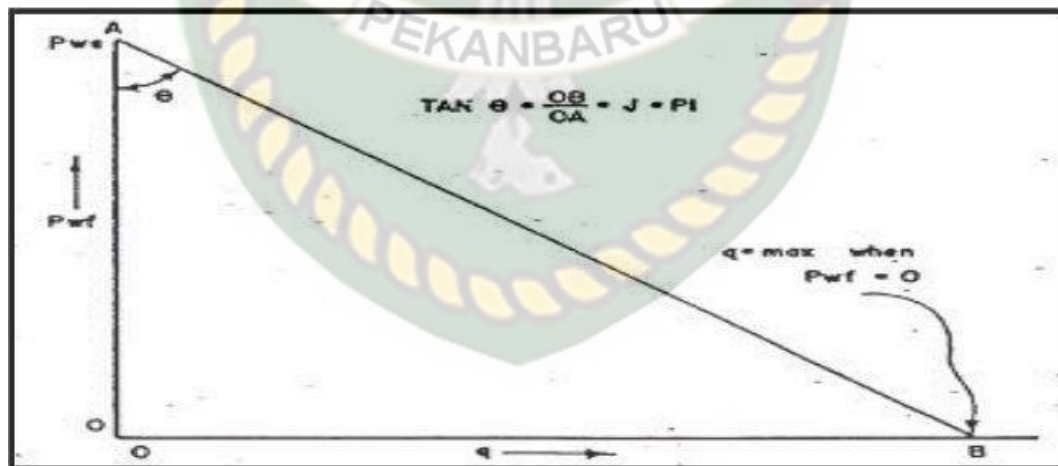
Sedangkan untuk menentukan besarnya laju produksi dapat digunakan persamaan Darcy untuk aliran radial, yaitu :

$$q = 0,007082 \frac{k_o h (P_{av} - P_{wf})}{\mu_o B_o \{ \ln (r_e / r_w) - 0,5 + S \}}$$

Pada kondisi tekanan rata-rata ini PI dinyatakan sebagai :

$$q = 0,007082 \frac{k_o h}{\mu_o B_o \{ \ln (r_e / r_w) - 0,5 + S \}}$$

Dengan demikian harga PI menyatakan kemiringan kurva dimana pada fluida satu fasa IPR berupa garis lurus.



Grafik 2.1 Kurva IPR Aliran Satu Fasa

2.4.2 IPR Aliran Fluida Dua Fasa

Vogel (1968) menggunakan model komputer untuk menghasilkan IPR untuk beberapa hipotesis reservoir tersaturasi minyak yang diproduksi dibawah beberapa range kondisi . Vogel menormalisasi perhitungan IPR dan menyajikan hubungan persamaan dalam bentuk yang lebih sederhana. Vogel

menormalisasikan IPR dengan memperkenalkan parameter yang lebih sederhana dibawah ini :

$$\text{Dimensi Tekanan : } \frac{P_{wf}}{P_r}$$

$$\text{Dimensi Tekanan : } \frac{Q_o}{(Q_o)_{Max}}$$

Dimana $(Q_o)_{max}$ adalah rate aliran pada tekanan lubang sumur nol

Vogel memplotkan kurva IPR untuk semua kasus reservoir dan menghasilkan hubungan dibawah ini berdasarkan parameter diatas :

$$\frac{Q_o}{(Q_o)_{Max}} = 1 - 0.2 \left\{ \frac{P_{wf}}{P_r} \right\} - 0.8 \left\{ \frac{P_{wf}}{P_r} \right\}^2$$

Dimana

Q_o : Rate minyak pada P_{wf}

$(Q_o)_{max}$: Rate aliran minyak maksimal pada tekanan lubang sumur nol

P_r : Rata-rata tekanan reservoir sekarang, psig

P_{wf} : Tekanan lubang sumur , psig

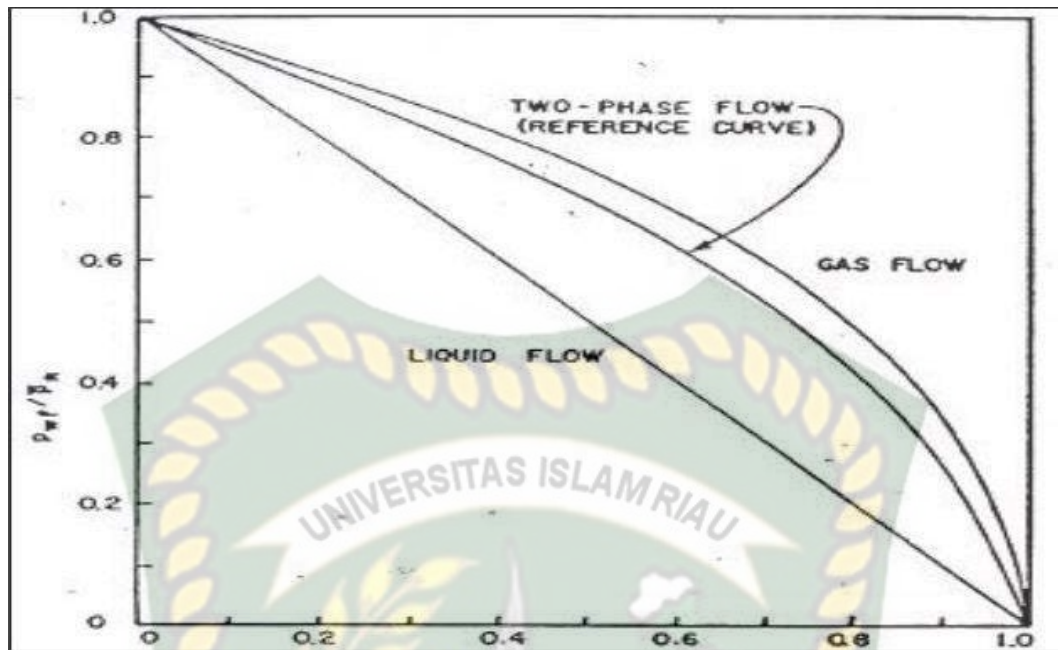
Sebagai catatan dimana P_{wf} dan P_r harus dalam satuan psig.

Metode vogel dapat dikembangkan untuk menghitung produksi air dengan mengganti dimesi rate dengan $Q_L/(Q_L)_{max}$ dimana $Q_L = Q_o + Q_w$. Ini telah terbukti benar untuk sumur produksi dengan water cut sebesar 97% . Metode ini membutuhkan data sebagai berikut :

- Tekanan rata rata reservoir saat ini (P_r)
- Tekanan Bubble point (P_b)
- Data tes aliran yang stabil yang meliputi Q_o pad P_{wf}

Metodologi Vogel dana digunakan untuk memprediksi kurva IPR untuk dua tipe reservoir dibawah ini:

- Reservoir tersaturasi minyak $P_r \leq P_b$
- Reservoir dibawah saturasi minyak $P_r > P_b$



Grafik 2.2 Kurva IPR Dua Fasa

2.4.3 IPR Aliran Fluida Tiga Fasa

Metode Wiggins merupakan pengembangan dari metode Vogel yang dalam pengembangannya Wiggins menyetarakan metode dua fasa dari Vogel dengan metode tiga fasa, sehingga mendapatkan suatu metode tiga fasa yang lebih sederhana dari metode tiga fasa yang sudah ada.

$$\text{Untuk minyak : } \frac{Q_o}{Q_{o \max}} = 1 - 0.519176 \left\{ \frac{P_{wf}}{P_r} \right\} - 0.481092 \left\{ \frac{P_{wf}}{P_r} \right\}^2$$

$$\text{Untuk air : } \frac{Q_w}{Q_{w \max}} = 1 - 0.722235 \left\{ \frac{P_{wf}}{P_r} \right\} - 0.284777 \left\{ \frac{P_{wf}}{P_r} \right\}^2$$

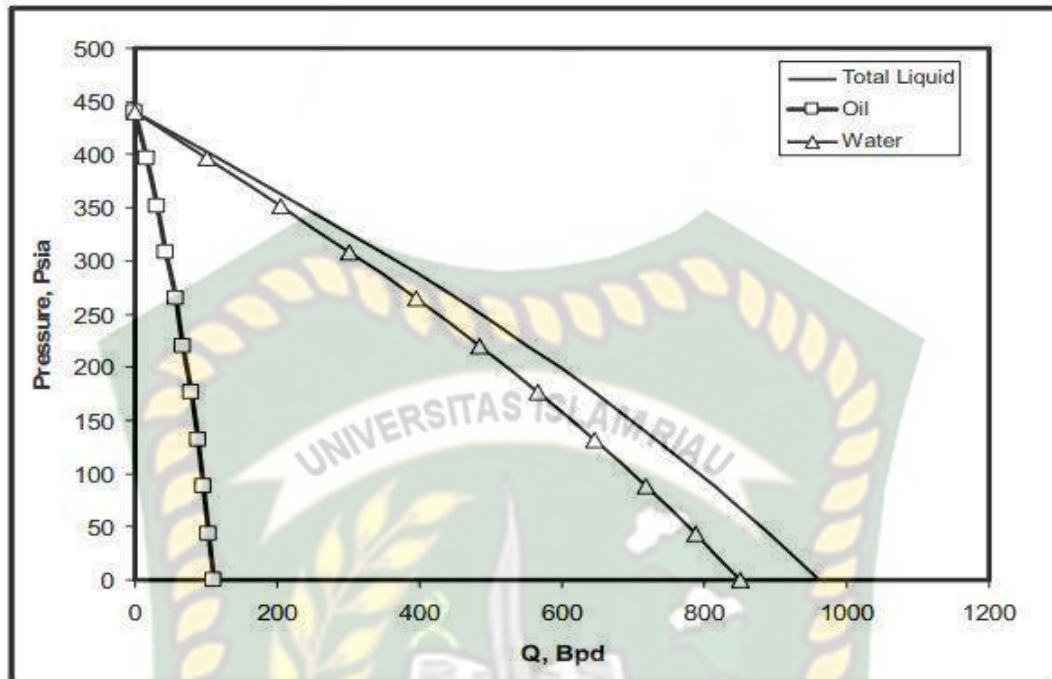
Dimana:

Q_o : Laju Produksi, STB/D

Q_{\max} : laju aliran maksimum pada saat $P_{wf} = 0$, STB/D

P_{wf} : tekanan alir dasar sumur, psi

P_r : tekanan statik dasar sumur, psi



Grafik 2.3 Kurva IPR Tiga Fasa

2.4.4 Metoda Vogel

Model ini ditulis dalam bentuk fraksi P_{wf}/P_s vs. q/q_{max} , yang dapat dilihat pada Gambar 3. Kira-kira persamaan tersebut dapat ditulis sebagai berikut :

$$\frac{q}{q_{max}} = 1 - 0.2 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right) - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right)^2$$

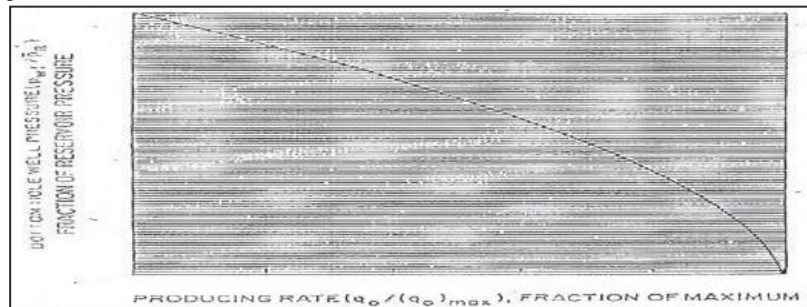
dimana :

q_{max} : laju alir maksimum, bpd

P_{wf} : tekanan alir dasar sumur,

P_s : tekanan statik reservoir ,

q : laju alir



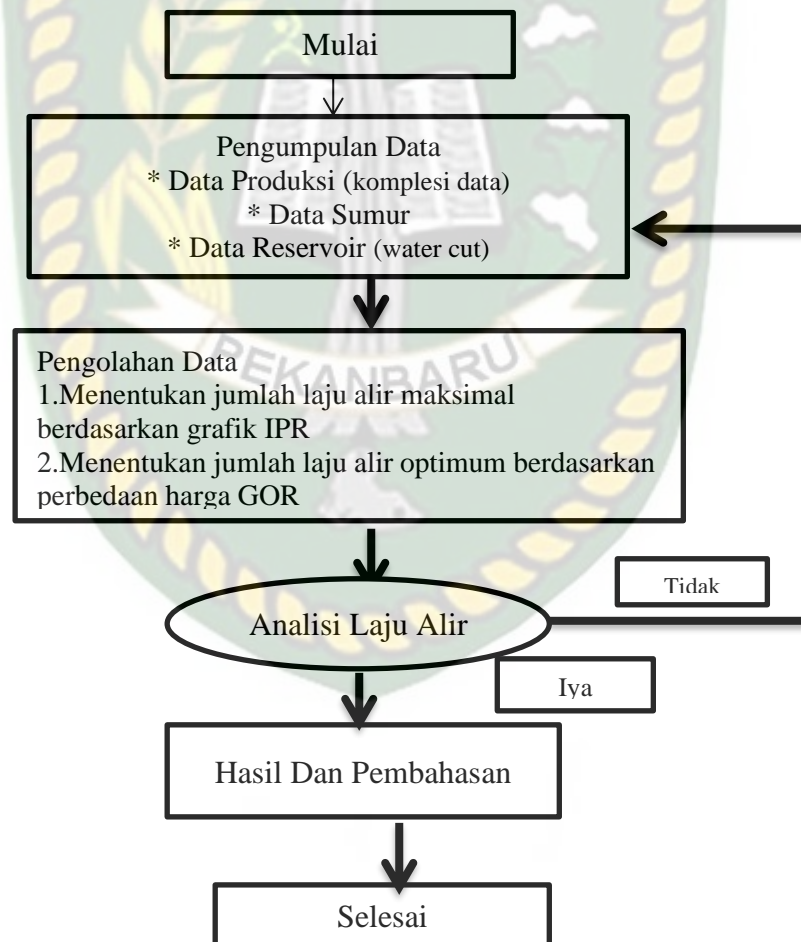
Grafik 2.4 Metoda Vogel

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Uraian Metode Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini berjudul “Analisis penentuan laju alir maksimum dan optimum berdasarkan grafik IPR”, Penelitian ini bertujuan untuk menentukan laju alir maksimum berdasarkan grafik IPR dan penentuan laju alir optimum berdasarkan perbedaan nilai GOR dan Laju alir. Metode yang digunakan yaitu studi literatur yang penggunaannya datanya yaitu data sekunder yang didapat dari jurnal atau paper. Metode yang digunakan dalam perhitungan laju produksi optimum dan maksimum dengan menggunakan metode vogel.

3.2. Alir Penelitian (Flow Chart)



Gambar 3. 2 Diagram Alir

3.3. Data Yang Dibutuhkan

Guna untuk mendukung kelancaran penelitian ini maka penulis membutuhkan beberapa data sekunder yang nanti akan digunakan untuk suatu model, yaitu: data reservoir, data sumur, data produksi

3.4. Jadwal Penelitian

Tabel 3.2 Jadwal Penelitian

Kegiatan	Tahun 2020											
	Agustus				September				Oktober			
Pengenalan Lingkungan												
Peninjauan Masalah												
Pengambilan Data												
Pengolahan Data												
Pembuatan Laporan												

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Sebelum dilakukan perhitungan pada sumur ini lapangan, maka dilakukan pengumpulan data-data yang diperlukan untuk perhitungan dan pembahasan. Data yang digunakan yaitu *Pressure Static* (Pws) 1995 psi, *Pressure index* 1.2 bpd, dan laju alir fluida 1041 bpd dan beberapa parameter yang lainnya disesuaikan dengan data yang diperoleh dari jurnal atau paper.

Penulis mencoba menentukan laju alir maksimum melalui grafik IPR dan menentukan laju alir optimum dengan grafik inflow dan outflow Akan tetapi pada grafik *pressure traverse* yang digunakan untuk mendesain tidak selalu tepat dengan pengukuran *gradient* aliran dalam sumur. Kesalahan tersebut dapat berkisar antara 10-20%.

Tabel 4. 3 Data Perhitungan

Data Perhitungan	
Kedalaman Sumur	5324 TVD (ft)
Tubing ID	2.7/8 Inchi
Interval Perforasi	17,14 ft
Temperatur formasi	282°F
Tekanan Statik	1955 psi
Laju Alir Fluida	578 Bopd
PI	1.2 Bpd/ Psi
GLR Total	500 scf/bbl
WC	98 %
Gas injection	0.6 mmscfd
Pwh	100 Psi
Temp dasar sumur	255 °F
Temp permukaan	100.4 °F

API	32
SG Gas	0.7
SG Water	1.00
Gas injection pressure	56.25scf/d

4.1.1. Menentukan IPR Estimasi Pada Sumur

Data sumur SM-3	
Tekanan static	1955 psi
PI	1.2 bopd/psi
Q test	1041 bopd

Tabel 4. 4 Data Sumur SM - 3

Pada tabel 4.2 dapat menentukan nilai Pwf dengan persamaan 2.1 sebagai berikut :

$$PI = \frac{Q}{Pr - Pwf}$$

$$1.22 = \frac{1041}{1955 - Pwf}$$

$$Pwf = 1101 \text{ psi}$$

Dengan menggunakan metode IPR vogel didapatkan $Q_{o\max}$ dengan persamaan 2.2 sebagai berikut :

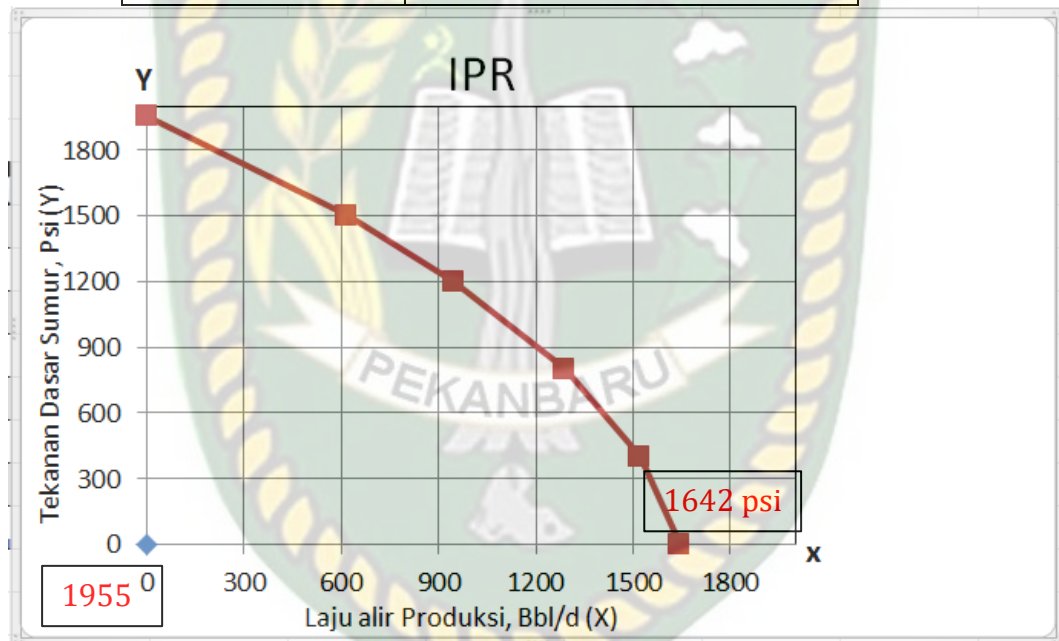
$$\frac{Q_o}{Q_{o\max}} = \left(1 - 0,2 \times \left(\frac{Pwf}{Pr} \right) - 0,8 \times \left(\frac{Pwf}{Pr} \right)^2 \right)$$

$$\frac{1041}{Q_{o\max}} = \left(1 - 0,2 \times \left(\frac{1101}{1955} \right) - 0,8 \times \left(\frac{1101}{1955} \right)^2 \right)$$

$$Q_{o\max} = 1642.897 \text{ bopd}$$

Tabel 4. 5 Estimasi IPR Sumur SM-3

Pwf asumsi (Psi)	Qo (Bopd)
0	1642
400	1520
800	1288
1200	946
1500	617
1955	0



Grafik 4.5 Estimasi IPR Sumur

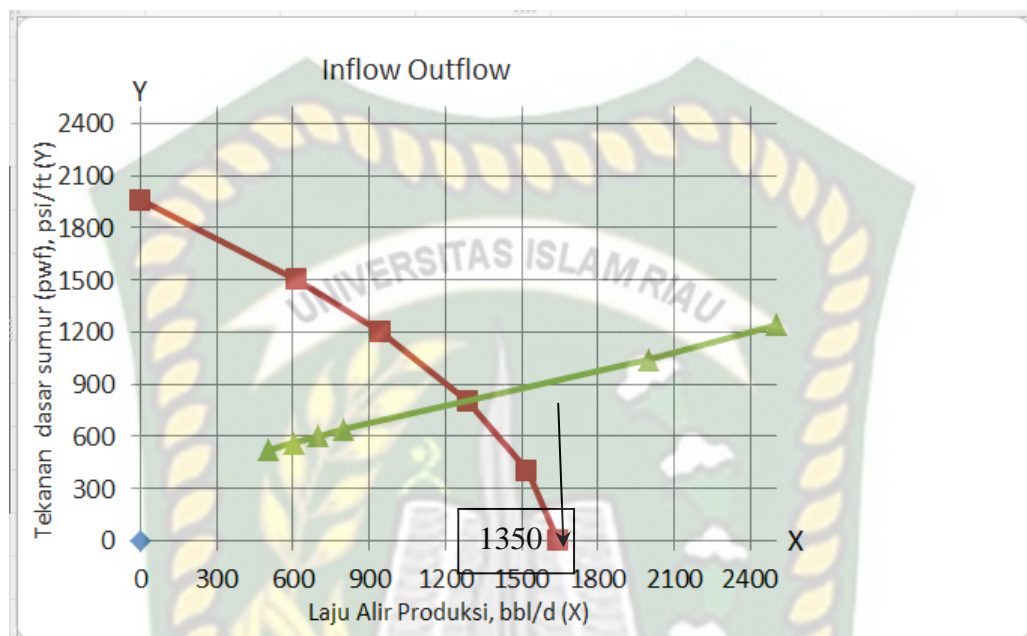
4.1.2. Menentukan *inflow* dan *outflow*

Step 1: Plot dari grafik pressure 100 psi antara kedalaman sumur ke GLR 500 dari

liquid rate 500 menghasilkan 520 psi, liquid rate 600 yaitu 560 psi, liquid rate 700 yaitu 600, liquid rate 800 yaitu 640, liquid rate 2000 yaitu 1040 dan liquid rate 2500 yaitu 1240.

Step 2: Gabungkan antara pwf dan hasil grafik sehingga didapatkan laju produksi optimal yaitu 1350 bbl/d

Step 3: Buat grafik:



Grafik 4.1 inflow outflow GOR 500

4.2. Pembahasan Penelitian

Pada lapangan ini sebelumnya telah dilakukan penentuan PVT vs IPR melalui grafik pemodelan prosper, metode yang digunakan yaitu gas lift karena memiliki nilai PI dan GLR yang tinggi dan keuntungan gas lif continuous ini dapat lebih menghasilkan, sehingga dilakukan penelitian selanjutnya yang bertujuan untuk menentukan laju alir maksimum berdasarkan grafik IPR dan penentuan laju alir optimum berdasarkan perbedaan nilai GOR dan Laju alir. Pada sumur ini parameter yang berpengaruh dalam penelitian yaitu harga PI (*productivity index*) dan Gas liquid Ratio (GLR), kedalaman sumur dan mekanisme dari reservoir. Hal utama yang harus diperhatikan ketika memproduksi sumur minyak adalah untuk menentukan berapa banyak flow rate dapat diperoleh. berdasarkan tekanan

reservoir. Laju alir dihasilkan akan menggambarkan besarnya deliverability dari formasi produktif. Cairan ditemukan dalam media berpori dapat mengalir ke lubang sumur jika ada perbedaan tekanan. Reservoir deliverability juga mempengaruhi jenis kompleksitas dan metode lift buatan yang digunakan. (Guo & William, 2007)

Pada PI 1.2 bopd/ Psi, tekanan statik 1955 Psi, dengan laju alir test 1041 bopd, didapatkan Pwf sebesar 1101 Psi dan $Q_{o_{max}}$ 1642.897 psi, untuk harga tekanan dasar sumur (Pwf) = 1041 Psi dan kedalaman sumur 5680 ft hasil IPR dapat dilihat pada grafik 4.1. Untuk *inflow outflow* pada GOR 500 scf/bbl dengan Qass 500 bbl/d dan pwf 520 psi, Qass 600 bbl/d dan pwf 560psi, Qass 700 bbl/d dan pwf 600 psi, Qass 800 bbl/d dan pwf 640 psi , Qass 2000 bbl/d dan Pwf 1040 psi dan Qass 2500 bbl/d dan pwf 1240 menghasilkan AOF/ laju optimum 1350 stb/d seperti pada grafik 4.2

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dengan judul “Analisis Penentuan Laju Alir Maksimum Dan Optimum Berdasarkan Grafik IPR Pada Sumur X Lapangan Y Dengan Menggunakan Metode IPR Vogel ” dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada penentuan laju alir maksimum melalui grafik IPR dengan PI 1.2 bopd/psi, Pr 1955 psi, Q test 1041 sehingga didapatkan 1101 psi dan Qomax yaitu 1642.897 bopd/psi
2. Untuk Pada *inflow outflow* secara manual dengan GOR 500 scf/bbl dengan grafik pressure traverse 100 psi mendapatkan AOF/laju alir optimum sebesar 576 stb/psi
3. Untuk meningkatkan Produksi, Pertamina banyak melakukan Stimulasi di beberapa Sumur, salah satunya Hydrolic Fracturing di sumur KRE.
4. Petroleum System terdiri dari *source rock, resevoir rock, migration, seal, dan trap*.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan peneliti dengan judul “Analisis penentuan laju alir maksimum dan optimum berdasarkan grafik IPR pada di Sumur X Lapangan y dengan menggunakan metode IPR Vogel ” saya memberikan saran sebagai berikut :

- a. Melakukan perawatan pada alat secara rutin.
- b. Mempererat hubungan dengan instansi-instansi yang menyuplai Sumber Daya Manusia di bidang Energi Minyak dan Gas.

DAFTAR PUSTAKA

- AL-Dogail, A. S., Baarimah, S. O., & Basfar, S. A. (2018). Prediction of cutting inflow performance relationship of a gas field using artificial intelligence techniques. *Society of Petroleum Engineers - SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition 2018, SATS 2018*. <https://doi.org/10.2118/192273-ms>
- Camacho-V, R. G., & Raghavan, R. (1989). Inflow performance relationships for solution-gas-drive reservoirs. *JPT, Journal of Petroleum Technology*, 41(5), 541-550 16204. <https://doi.org/10.2118/1476-pa>
- Fattah, K. A., Elias, M., El-Banbi, H. A., & El-Tayeb, E. S. A. (2014). New Inflow Performance Relationship for solution-gas drive oil reservoirs. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 122, 280–289. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2014.07.021>
- Goodwill, M., & Appah, D. (2019). *INVESTIGATING THE EFFECT OF WELLBORE WATER ON OIL FLOW RATE USING INFLOW PERFORMANCE*. 7(1), 54–60.
- Guo, Boyun; Lyons, William; Ghalambor, A. (2007). • ISBN: 0750682701 • Publisher: Elsevier Science & Technology Books • Pub. Date: February 2007.
- Hakiki, F., Aditya, A., Ulitha, D. T., Shidqi, M., Adi, W. S., Wibowo, K. H., & Barus, M. (2017). Well and inflow performance relationship for heavy oil reservoir under heating treatment. *Society of Petroleum Engineers - SPE/IATMI Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition 2017, 2017-January*, 1–26. <https://doi.org/10.2118/186187-ms>
- Hermadi, G. (2013). Analisa sistem nodal dalam metode artificial lift. *Forum Teknologi*, 06(2), 1–8.
- Ilk, D., Camacho-Velázquez, R., & Blasingame, T. A. (2007). Inflow Performance Relationship (IPR) for solution gas-drive reservoirs analytical considerations. *Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, 6(1987), 3845–3853. <https://doi.org/10.2118/110821-ms>

- Jahanbani, A., & Shadizadeh, S. R. (2009). Determination of inflow performance relationship (IPR) by well testing. *Canadian International Petroleum Conference 2009, CIPC 2009*. <https://doi.org/10.2118/2009-086>
- Kumar, R., & Mahadevan, J. (2012). Well-performance relationships in heavy-foamy-oil reservoirs. *SPE Production and Operations*, 27(1), 94–105. <https://doi.org/10.2118/117447-PA>
- Kumar, S. (2013). *Design of a Gas Lift System To Increase Oil Production*. 1(September), 499–505.
- Musnal, A. (2014). Perhitungan Laju Aliran Fluida Kritis Untuk Mempertahankan Tekanan Reservoir Pada Sumur Ratu Di Lapangan Kinantan. *Journal of Earth Energy Engineering*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.22549/jeee.v3i1.934>
- Novrianti, Mursyidah, & Teguh, U. P. (2017). *Issn 2540 - 9352*. 6(1), 38–43.
- Pcp, O. P., Menggunakan, D., & Sistem, A. (n.d.). *FORUM TEKNOLOGI Vol. 03 No. 4*. 03(4).
- Pendahuluan, I. (2018). *Mengenal Enhanced Oil Recovery (EOR) Sebagai Solusi Meningkatkan Produksi Minyak*. 8(2), 16–22.
- Permasalahan, E., Sumur, S., Sa-, S.-D. A. N., Pt, D. I., Ep, P., Field, A., ... Agusandi, S. (2017). *Jurnal Teknik Patra Akademika Vol 8. No.1 Juli 2017*. 8(1), 11–21.
- Praktik, L. K. (2019). *Pengoperasian artificial lift pada field jambi*.
- Ramadhani, A. A., Anwar, U., Herlina, W., Pertambangan, J. T., Teknik, F., & Sriwijaya, U. (2018). *Evaluasi Ukuran Diameter Tubing Untuk Upaya Optimasi Laju Produksi Sumur a-28 Lapangan B Pt . Pertamina Ep Asset 2 Pendopo Field*. 2(2), 1–10.
- Reader, E. E., Cossu, R., Williams, I. D., Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., ... Brunner, P. H. (2012). No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における 健康関連指標に関する共分散構造分析Title. *Resources*, 2(10), 1–19. <https://doi.org/10.1007/s11837-012-0378-1>
- Shahamat, M. S., Hamed Tabatabaie, S., Mattar, L., & Motamed, E. (2015). Inflow performance relationship for unconventional reservoirs (transient IPR). *Society of Petroleum Engineers - SPE/CSUR Unconventional Resources Conference*, (1936). <https://doi.org/10.2118/175975-ms>

- sudaryadi, H., amin, M., & abro, M. (2014). Peningkatan Produksi Sucker Rod Pump (Srp) Dengan Mengacu Pada Break Event Point (Bep) Sumur Jrk-X Di Pt. Pertamina Ep Region Sumatera Field Pendopo. *Jurnal Ilmu Teknik Sriwijaya*, 2(5), 102586.
- Sugiharto, A. (2005). Optimasi Produksi Lapangan Minyak Menggunakan Metode Artificial Lift Dengan Esp Pada Lapangan Terintegrasi. *Forum Teknologi*, 02(1), 14.
- Sukarno, P., Ariadji, T., & Regina, I. (2001). *Pengembangan peramalan kurva ipr dua fasa secara analitis*. (1), 3–5.
- Tariq, Z., Abdulraheem, A., Khan, M. R., & Sadeed, A. (2018). New inflow performance relationship for a Horizontal well in a naturally fractured solution gas drive reservoirs using artificial intelligence technique. *Offshore Technology Conference Asia 2018, OTCA 2018*. <https://doi.org/10.4043/28367-ms>
- Youssef, A. A. A., & Alnuaim, S. (2017). IPR of triple continuum reservoirs, analytical approach. *Society of Petroleum Engineers - SPE Kingdom of Saudi Arabia Annual Technical Symposium and Exhibition 2017*, 2294–2304. <https://doi.org/10.2118/187973>