

**ANALISA LAJU ALIR KRITIS MENGGUNAKAN METODE
CHAPERON, CHIERICCI, MAYER GARDNER DAN PIRSON DALAM
EVALUASI TERJADINYA *WATER CONING*
DAN *BREAKTHROUGH TIME* PADA SUMUR X**

TUGAS AKHIR

Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh
AGUNG PRASETIO

143210596



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Agung Prasetyo

NPM : 143210596

Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Tugas Akhir : Analisa Laju Alir Kritis Menggunakan Metode Chaperon, Chiericci, Mayer Gardner Dan Pirson Dalam Evaluasi Terjadinya *Water Coning* Dan *Breakthrough Time* Pada Sumur X

Telah berhasil di pertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.

DEWAN PENGUJI

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

Penguji I : Idham Khalid, ST.,MT. (.....)

Penguji II : Richa Melysa, ST., MT. (.....)

Diterapkan di Pekanbaru

Tanggal : 24 Maret 2022

Disahkan Oleh :

**KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN**


(Novia Rita, ST.,M.T.)

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya 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 saya telah peroleh.

Pekanbaru, 05 Desember 2021



AGUNG PRASETIO
NPM : 143210596

KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada ALLAH SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Perminyakan, Universitas Islam Riau. Saya menyadari bahwabanyak pihak yang telah membantu dan mendukung saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada :

1. Orang tua saya dan saudara-saudara saya atas segala kasih sayang, doa, dan dukungannya, baik moril maupun meteril dari awal hingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Pak Ir. H. Ali Musnal, ST., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukan dan saran selama menjalani perkuliahan dan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bang Norahmasyah, S.T., M.T. selaku pembimbing lapangan PT. Bumi Siak Pusako yang telah membantu, memberikan data lapangan, memberikan arahan dan masukan selama penelitian tugas akhir ini.
4. Senior dan Anggota Mapedallima Hangtuah FT-UIR atas doa, nasihat dan dukungannya, baik moril hingga penyelesaian tugas akhir ini,
5. Teman-teman jurusan Teknik Perminyakan UIR angkatan 2014, khususnya kelas E dan rekan-rekan seperjuangan selama kegiatan penelitian di PT. Bumi Siak Pusako yang selalu memberikan dukungan dan semangat selama masa perkuliahan dan penelitian ini.

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

Pekanbaru, 5 Desember 2021

AGUNG PRASETIO

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR SINGKATAN.....	x
DAFTAR SIMBOL.....	xi
ABSTRAK	xii
ABSTRACT	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	3
1.2 TUJUAN PENELITIAN	3
1.3 MANFAAT PENELITIAN	3
1.4 BATASAN MASALAH.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 <i>WATER CONING</i>	5
2.2 ANALISIS MASALAH <i>WATER CONING</i>	6
2.3 PENYEBAB TERJADINYA <i>WATER CONING</i>	6
2.3.1 Kesalahan Saat Produksi.....	7
2.3.2 Karakteristik <i>Reservoir</i>	7
2.3.3 Masalah dalam Mekanisme.....	8
2.4 INFLOW PERFORMANCE RELATIONSHIP(IPR).....	8

2.5	MENGHITUNG LAJU ALIR KRITIS.....	10
2.5.1	Metode Chaperon.....	11
2.5.2	Metode Chiericci	13
2.5.3	Metode Mayer, Gardner dan Pirson	15
2.6	MENGHITUNG WAKTU TEMBUS AIR (<i>BREAKTHROUGH TIME</i>).....	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		20
3.1	METODE PENELITIAN	20
3.2	PENGOLAHAN DATA	20
3.2.1	Analisa Sejarah Produksi Sumur	20
3.2.2	IPR.....	20
3.2.3	Perhitungan Laju Alir Kritis	21
3.2.4	<i>Breakthrough Time</i>	21
3.3	ALUR PENELITIAN.....	23
3.4	TEMPAT PENELITIAN	24
3.5	WAKTU PENELITIAN.....	24
3.6	JADWAL PENELITIAN.....	24
3.7	JENIS DATA	25
3.8	PROSEDUR PENELITIAN.....	25
3.8.1	Tahap Persiapan	25
3.8.2	Pengolahan Data	25
3.8.3	Analisis Hasil Penelitian	25
3.8.4	Pembahasan.....	26
3.9	STUDI LAPANGAN	26
3.9.1	Sejarah Umum Lapangan	26
3.9.2	Stratigrafi Cekungan Sumatera	27

3.9.3	Kondisi Geologi Lapangan	27
3.9.4	Karakteristik Lapangan	28
BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL		29
4.1	ANALISA SEJARAH PRODUKSI	29
4.2	DATA LAPANGAN Y	31
4.3	HASIL PERHITUNGAN LAJU ALIR KRITIS	33
4.4	HASIL PERHITUNGAN BREAKTHROUGH TIME	34
4.5	HASIL ANALISA KURFA IPR PADA SUMUR X.....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		43
5.1	KESIMPULAN	43
5.2	SARAN	43
DAFTAR PUSTAKA		44
LAMPIRAN I		47
LAMPIRAN II		48
LAMPIRAN III		52

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Water Coning</i> (Ahmed, 2000)	5
Gambar 2.2 Kurva IPR (Brown, 1980)	9
Gambar 3.1 Lokas Lapangan Y (Bop .Pt. Bsp).....	26
Gambar 4.1 Grafik Kurva IPR Pada Q Aktual Minyak.....	37
Gambar 4.2 Grafik Kurva IPR Pada Q Kritis Dengan Metode Mayer Gardner Dan Pirson.....	38
Gambar 4.3 Grafik Kurva IPR Pada Q Kritis Dengan Metode Chaperon.....	39
Gambar 4.4 Grafik Kurva IPR Pada Q Kritis Dengan Metode Chierici	41
Gambar 4.5 Grafik Kurva IPR Pada Q Aktual Dan Q Kritis Dengan Metode Mayer Gardner Dan Pirson, Metode Chaperon, Metode Chierici	41

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel Jadwal Penelitian.....	24
Tabel 4.1 Data Umum	30
Table 4.2 Data Sifat Fisik Fluida Reservoir	30
Tabel 4.3 Data Sifat Fisik Batuan Reservoir	30
Tabel 4.4 Data Produksi Sumur X.....	31
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Q Kritis Pada Masing-Masing Metode Pada Sumur X	33
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan <i>Breakthrough Time</i> Pada Masing-Masing Metode Pada Sumur X	34
Tabel 4.7 Data Untuk Pembuatan Kurva IPR Pada Q Aktual.....	36
Tabel 4.8 Data Untuk Pembuatan Kurva IPR Pada Q Kritis Dengan Metode Mayer Gardner Dan Pirson	37
Tabel 4.9 Data Untuk Pembuatan Kurva IPR Pada Q Kritis Dengan Metode Chaperon	38
Tabel 4.10 Data Untuk Pembuatan Kurva IPR Pada Q Kritis Dengan Metode Chierici.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I.....	47
Lampiran II.....	48
Lampiran III.....	52



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SINGKATAN

BOPD	<i>Barrel Oil per day</i>
IPR	<i>Inflow performance relationship</i>
PI	<i>Productivity index</i>
RF	<i>Recovery factor</i>
WOC	<i>Water oil contact</i>



DAFTAR SIMBOL

B_o	= Faktor volume forasi minyak, RB/STB
f_b	= Fraksi dari total kolom minyak
h	= Ketebalan zona minyak, ft
h_c	= Jarak vertikal antara jarak interval perforasi sumur dengan
h_p	= Interval perforasi, ft
h_{og}	= Jarak antara batas minya-gas ke puncak interval perforasi, ft
h_{ow}	= Jarak antara batas minya-air ke puncak interval perforasi, ft
K	= Permeabilitas, cp
kh	= Permeabilitas horizontal, cp
K_v	= Permeabilitas vertika, cp
P_r	= Tekanan resevoir
P_{wf}	= Tekanan drawdown pada sumur, psi
r_e	= Jari-jari pengurasan reservoir, ft
r_w	= Jari-jari sumur, ft
r_{DE}	= $\frac{r_e}{h} \sqrt{\frac{k_h}{k_v}}$
Q_c	= Oil contact
Q_o	= Laju alir
Q_{oc}	= Laju alir kritis STB/D
S_g	= Specific gravity
μ_o	= Viscositas minyak, cp
$\Delta\rho_{ow}$	= Selisih berat jenis air-minyak, gr/cc
$\Delta\rho_{og}$	= Selisih berat jenis gas-minyak, gr/cc
γ_o	= Spesific grafity minyak
w_c	= Water cut

**ANALISA LAJU ALIR KRITIS MENGGUNAKAN METODE
CHAPERON, CHIERICCI, MAYER GARDNER DAN PIRSON DALAM
EVALUASI TERJADINYA *WATER CONING*
DAN *BREAKTHROUGH TIME* PADA SUMUR X**

Agung Prasetio

143210596

ABSTRAK

Lapangan Y sumur X adalah sumur yang berada dikabupaten Siak, Riau. Sumur X memiliki Q aktual sebesar 68,8654 BOPD. Secara geografis, lapangan ini terletak di Sumatra Tengah. Lapangan Y sumur X seiring berjalannya waktu laju produksi akan menurun. Sumur X memiliki *water cut* sebesar 90%, diproduksi secara terus menerus dengan Q aktual melebihi laju kritisnya sehingga menyebabkan terjadinya *water coning*.

Metode Chaperon, metode Chierici, metode Mayer Gardner dan Pirson merupakan metode yang digunakan untuk menghitung laju alir kritis minyak pada sumur X agar dapat mengetahui apakah sumur yang diteliti mengalami masalah *water coning*. Dan untuk mengetahui Untuk itu perlu dilakukan upaya dalam menangani masalah *water coning* dengan cara menghitung laju alir kritis dan Breakthrouh Time. Dalam penelitian ini menggunakan beberapa metode yaitu : metode Chapron, metode Chierici, metode Mayer Gardner dan Pirson.kapan waktu *water coning* terjadi maka dapat di cari dengan menghitung waktu dari *Breakthrough Time* pada sumur X.

Hasil perhitungan dari metode Chaperon Q kritis = 2,7777 BOPD, metode Chierici Q kritis = 10,2686 BOPD, metode Mayer Gardner dan Pirson Q kritis = 0,9587 BOPD. Dan *Breakthrough Time* pada Q kritis = 2,7777 BOPD adalah 176,986 hari, Q kritis = 10,2686 BOPD adalah 35107,2274 hari, Q kritis = 0,9587 BOPD adalah 9487822,157 hari.

Kata Kunci : Sumur X, Q Aktual, Q Kritis, *Water Coning*, *Breakthrough Time*, Metode Chaperon, Metode Chierici, Metode Mayer Gardner Dan Pirson.

**CRITICAL FLOW RATE ANALISYS USING CHAPERON, CHIERICCI,
MAYER GARDNER AND PIRSON METHODS IN EVALUATION OF
WATER CONING AND BREAKTHROUGH TIME IN WELL X**

Agung Prasetio

143210596

ABSTRACT

Field Y well X is a well located in the district of Siak, Riau. Well X has an Q aktual of 68.8654 BOPD. Geographically, this field is located in Central Sumatra. Field Y well X over time the production rate will decrease. Well X has a water cut of 90%, is produced continuously with the Q aktual exceeding the critical rate, causing water coning.

The Chaperon method, Chierici method, Mayer Gardner and Pirson methods are methods used to calculate the critical flow rate of oil in well X in order to determine whether the well studied has water coning problems. And to find out, it is necessary to make efforts to deal with the water coning problem by calculating the critical flow rate and Breakthrough Time. This study uses several methods, namely: Chapron method, Chierici method, Mayer Gardner and Pirson method. When water coning occurs, it can be found by calculating the time from Breakthrough Time in well X.

The calculation results from Q critical Chaperon method = 2.7777 BOPD, Q critical Chierici method = 10.2686 BOPD, Q critical Mayer Gardner and Pirson methods = 0.9587 BOPD. And Breakthrough Time at Q critical = 2,7777 BOPD is 176,986 days, Q critical = 10,2686 BOPD is 35107,2274 days, Q critical = 0.9587 BOPD is 9487822,157 days.

Keywords: Well X, Q Aktual, Q Critical, Water Coning, Breakthrough Time, Chaperon Method, Chierici Method, Mayer Gardner And Pirson Method.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pada sumur produksi migas, masalah produksi air yang sering terjadi telah menjadi masalah yang serius karena akan menyebabkan produksi minyak turun secara tajam dan membuat rencana awal untuk pengolahan lapangan menjadi salah. Penurunan produksi minyak bumi disebabkan oleh berbagai masalah, salah satunya adalah produksi air dengan minyak. Oleh karena itu, perlu diketahui terjadinya produksi air secara mendadak disuatu sumur (Subenarto, 2006).

Coning adalah prosedur yang menggambarkan pergerakan air dari bawah ke atas atau pergerakan gas dari atas ke bawah menuju lubang-lubang sumur penghasil minyak yang bisa mmengaruhi produktivitas yang baik (Wheatly, 1985). Coning merupakan dampak penurunan tekanan di sekitar zona perforasi dan adanya air yang kuat (Kwame. S., Aggrey, 2014). Coning adalah masalah teknik perminyakan disebabkan minyak ditemukan pada bawah zona gas, atau di atas zona air (Ike, 2013). Pada produksi minyak dan gas, perencanaan yang memadai dibuat untuk mencegah persoalan produksi, seperti masalah coning (Okon *et al.*, 2017).

Beberapa fenomena munculnya air secara tiba-tiba bisa ditimbulkan oleh beberapa persoalan salah satunya *water coning*. *Water coning* terjadi bila air bergerak berasal dari seservoir menuju bagian bawah perforasi serta membuat kerucut air yang ditimbulkan laju alir aktual melebihi laju alir kritis serta karakteristik reservoir seperti perbedaan densitas yang mana bila perbedaan antara densitas minyak serta air besar maka gradien hidostatiknnya akan besar serta akan memperkecil terjadinya *water coning*, viskositas besar akan membutuhkan gradien alir fluida yang besar dan menyebabkan mobilitas minyak rendah dari pada mobilitas air yang dapat membuat jadi lebih mudah mengalir kepermukaan, permeabilitas serta mekanisme pendorong reservoir (Rukmana *et al.*, 2011). Coning bisa menunjukkan dampak merugikan pada operasi, pemulihan dan keekonomian dalam produksi minyak. Beberapa kelemahan spesifik coning pada sumur penghasil

minyak seperti yang diberikan oleh (Ahmed, 2000) mencakup: penurunan efisiensi mekanisme deplesi, penurunan laju alir minyak, peningkatan biaya instalasi penanganan permukaan untuk peningkatan kuantitas air yang diproduksi disertai dengan biaya pembuangannya sebagai air yang diproduksi sebagian besar bersifat korosif.

Coning terjadi disekitar sumur saat air bergerak naik dari permukaan air bebas dan/atau gas beranjak ke bawah pada arah vertical dari tutup gas (Armenta, 2003). Karena pengaruh tekanan kapiler, zona transisi bisa terjadi di batas antar muka karena antar muka fluida tajam hanya merupakan idealisasi teknik (Anthony, 2011). Hal yang biasa pada pemodelan coning supply minyak bumi mengabaikan gaya kapiler (Chaperon, 1989., (Papatzacos *et al.*, 1991). Saat produksi minyak terjadi, keadaan ekuilibriasi fluida di dalam supply terganggu berasal dari tekanan diferensial diperkenalkan disekitar sumur produksi yang seringkali di kenal sebagai hambatan kental (Yang & Wattenbarger, 1991). Pada kondisi tak stabil, perkembangan coning ke arah sumur seiring berjalannya waktu menggambarkan ketidak stabilan (Giger, 1989). Jangka waktu dengan dimulainya produksi dari kondisi semula sampai ketika fluida yang tidak di inginkan masuk ke dalam sumur di kenal dengan istilah advancement time (Ayeni, 2008).

Water coning dalam suatu sumur minyak merupakan salah satu masalah yang serius, produksi air dapat mengurangi umur produksi minyak dan gas dari suatu sumur, selain itu juga dapat menyebabkan korosi pada pipa. Sumur produksi yang dianalisis yaitu sumur X yang di bor secara vertikal dan mengalami peningkatan produksi air secara signifikan dan penurunan produksi minyak. Salah satu cara yang dilakukan untuk mencegah terjadinya *water coning* adalah dengan menahan laju produksi pada sumur tersebut, diantaranya yaitu perhitungan laju alir kritis dan memprediksi waktu air sampai ke perforasi (*breakthrough time*). Laju alir kritis didefinisikan sebagai tingkat aliran minyak yang maksimum untuk menghindari *water coning*. Berbagai upaya dan metode dapat dilakukan untuk menjaga tekanan reservoir selama produksi, termasuk pengendalian laju aliran produksi. Laju aliran kritis dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode. Metode ini termasuk (1) Chaperon, (2) Chierici, (3) Mayer, Gardner dan Pirson.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian dari penelitian ini adalah:

1. Menghitung laju alir kritis dengan menggunakan metode (1) Chaperon, (2) Chierici, (3) Mayer Gardner dan Pirson pada sumur X terhadap masalah *water coning*.
2. Menentukan *breakthrough time* untuk mengetahui lamanya kerucut air sampai ke formasi produktif pada sumur X.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah menghitung laju alir kritis terhadap masalah *water coning* dengan menggunakan metode (1) Chaperon, (2) Chierici, (3) Mayer Gardner dan Pirson, mengetahui waktu dari *breakthrough time*.

1.4 BATASAN MASALAH

Agar diperoleh hasil penelitian yang lebih terarah agar tidak menyimpang dari tujuan yang diharapkan, penelitian ini dilakukan hanya difokuskan pada masalah penurunan produksi minyak yang di sebabkan oleh *water coning* dan melakukan evaluasi terhadap hasil dari perhitungan laju alir produksi kritis dengan metode (1) Chaperon, (2) Chierici, (3) Mayer, Gardner dan Pirson, serta menentukan waktu dari *breakthrough time*.

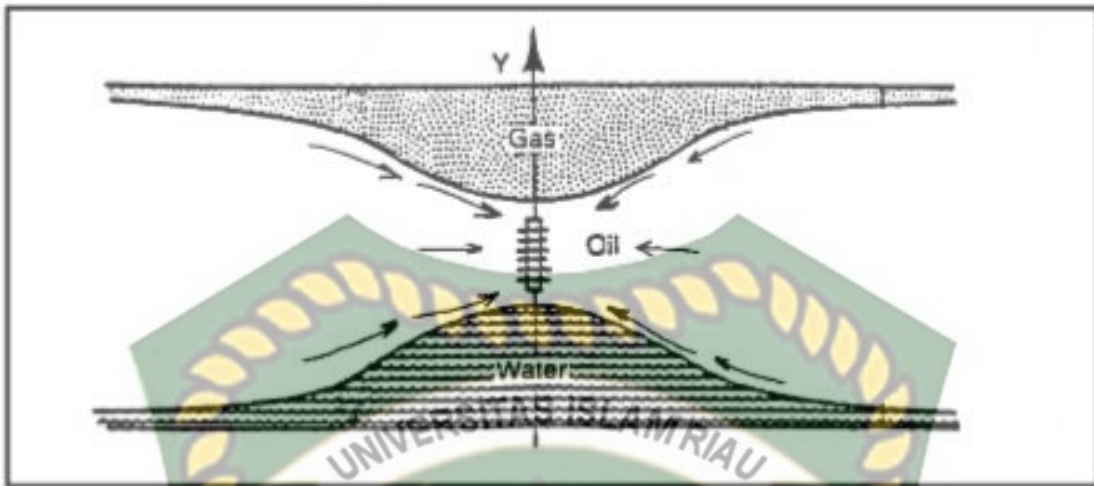
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Allah SWT telah menciptakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui misalnya barang tambang dan mineral, termasuk gas dan minyak bumi. Sumber daya alam gas dan minyak bumi dapat habis dan musnah apabila dieksploitasi terus-menerus. Kitab suci Al-Qur'an sebagai sumber dalam segala hukum islam telah menjelaskan secara jelas hal tersebut dalam QS. AL-Ma'idah ayat 17 :

Yang artinya “Sungguh, telah kafir orang yang berkata, “sesungguhnya Allah itu dialah Al-Masih putra Maryam” katakanlah (Muhammad), “Siapakah yang dapat menghalang-halangi kehendak Allah, jika Dia hendak membinasakan Al-Masih putra Maryam beserta ibunya dan seluruh (manusia) yang berada di bumi”. Dan milik Allah-lah kerajaan langit dan bumi dan apa yang ada di Antara keduanya. Dia menciptakan apa yang Dia Kehendaki. Dan Allah Mahakuasa atas segala sesuatu.” Oleh karena itu, pemanfaatan harus bijaksana dan mempertahankan lingkungan.

Pemanfaatan minyak bumi tersebut membutuhkan proses dan teknik untuk dapat memproduksinya. Dalam kegiatan produksi khususnya pada industri minyak bumi, suatu sumur menghasilkan 3 jenis fluida yaitu air, minyak dan gas. Setelah proses produksi yang lama maka suatu sumur akan terjadi suatu penurunan produksi dan perubahan tekanan dari sumur tersebut.

2.1 WATER CONING



Gambar 2.1. Water coning (Ahmed,2000)

Water coning adalah gerakan vertikal air yang memasuki batas air-minyak. Hal ini terjadi karena gradient tekanan air yang bekerja pada sumur lebih besar dari pada gradient gaya berat fluida, sehingga batas minyak air akan naik sampai batas tertentu. (Dake, 1978).

Water coning disebabkan oleh gradient tekanan vertical didekat sumur. Sumur diproduksi begitu cepat sehingga gaya kental mengatasi gaya gravitasi dan menarik air dari zona terhubung yang lebih rendah menuju lubang sumur. Akhirnya, air bias masuk ke bagian berlubang atau berpori, menggantikan semua atau sebagian produksi hidrokarbon. Begitu terobosan terjadi, masalahnya cenderung menjadi lebih buruk, karena *water cut* yang lebih tinggi terproduksi. Meskipun penurunan tingkat produksi dapat mengatasi masalah tersebut, mereka tidak dapat memperbaikinya. Cusping, pada zona soiling hingga sumur vertical, dan water peaking pada sumur merupakan fenomena yang mirip dengan *water coning* (Aminian & Najafi, 2001).

Pada dasarnya air merupakan tenaga penggerak fluida minyak dari formasi produksi ke dasar sumur, sehingga air selalau berusaha mendorong fluida minyak kedasar sumur, sehingga air dapat mengalir kezona minyak dengan memotong arah aliran (Chan, 1995).

2.2 ANALISIS MASALAH WATER CONING

Menganalisis *water coning* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Peningkatan produksi air karena penurunan produksi minyak
2. Perbedaan massa jenis antara minyak dan air
3. Jarak antara lubang di bawah (*bottom*) dan WOC
4. Permeabilitas vertikal dan horizontal
5. Daya dorong penggerak air (*water drive*)

Untuk menghindari masalah *water coning* didasar sumur, maka pengambilan fluida harus dilakukan sedemikian rupa sehingga perbedaan tekanan aliran antara reservoir dan sumur lebih kecil dari pada tekanan yang disebabkan oleh densitas minyak dan air. Untuk mengatasi masalah tersebut maka produksi sumur tidak melebihi laju produksi maksimum, dan perbedaan tekanan aliran antara reservoir dan sumur juga disesuaikan agar tidak terlalu tinggi. (Brown, 1980)

Pada dasarnya terdapat tiga hal yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah waater coning yaitu (Rustum, 2015).

1. Penentuan laju alir kritis
2. Pekiraan waktu tembus air (*breakthrough time*)
3. Perhitungan kinerja sumur setelah terjadinya water breakthrough

Untuk memperkirakan terjadinya *water coning* dapat dilakukan dengan cara membandingkan antara laju produksi aktual dengan laju produksi minyak kritis tanpa terjadi coning. Pada sumur yang memproduksi minyak diatas laju produksi kritisnya ($Q_o > Q_{oc}$) maka biasanya air akan ikut terproduksi dan membentuk kerucut (cone) (Brown, K.E., Vol.1, 1980).

2.3 PENYEBAB TERJADIYA WATER CONING

Pada dasarnya pembentukan kerucut air pada reservoir dapat dibedakan menjadi tiga alasan, yaitu bagaimana cara memproduksi sumur minyak, karakteristik reservoir dan masalah mekanisme reservoir (Rukmana, 2011).

2.3.1 Kesalahan Saat Produksi Sumur

Sumur yang diproduksi dengan laju produksi lebih tinggi dari laju produksi kritis akan menyebabkan gradien tekanan fluida di sekitar lubang sumur menjadi nilai yang lebih besar relatif terhadap gradien tekanan hidrostatik, yang dapat dinyatakan dalam persamaan:

$$\Delta P > 0.433 (\gamma_w \gamma_o) h_c$$

Dimana ;

$\Delta P - P_{wf}$: Tekanan drawdown pada sumur, psi

γ_w : Specific gravity air formasi

γ_o : Specific gravity minyak

h_c : Jarak vertikal antara jarak interval perforasi sumur dengan
 WOC, ft

Hal ini akan menyebabkan batas minyak-air naik menjadi bentuk kerucut, dengan bagian atas mengarah ke lubang sumur. Ketinggian kerucut tergantung pada gradien gravitasi dan gradien tekanan aliran antara fluida. Semakin besar gradien tekanan aliran maka semakin tinggi kerucut yang terbentuk, sebaliknya jika gradien tekanan kecil maka kerucut yang terbentuk akan sangat rendah.

2.3.2 Karakteristik Reservoir

Karakteristik reservoir yang mempengaruhi *water coning* yaitu sifat fisik fluida reservoir meliputi viskositas, densitas minyak serta densitas air. Dan sifat fisik batuan reservoir yaitu permeabilitas vertikal dan permeabilitas horizontal, mekanisme pendorong reservoir dan ketebalan zona minyak (Lumbantobing, S, 2007).

2.3.3 Masalah dalam Mekanisme

Penyebab *water coning* akibat masalah mekanik adalah kesalahan penempatan interval jarak dimana terlalu dekat dengan zona air, retakan pengikat semen, dan pecahnya kasing produksi.

Jika interval perforasi lubang bor salah ditempatkan terlalu dekat dengan WOC, kerucut air akan lebih cepat mencapai lubang bor. Setelah kegagalan penyemenan, pecahnya jalur produksi akan menyebabkan interaksi antara reservoir dan sumur, yang akan menyebabkan fluida mengalir dari area tersebut, oleh karena itu jika area tersebut disebabkan oleh pecahnya lapisan ikatan semen dan pecahnya jalur produksi tersebut letaknya dibawah interval perforasi yang ada maka akan mendekati zona aliran fluida-fluida dengan batas minyak-air (WOC). Hasilnya kerucut air akan terbentuk lebih cepat dan bergerak keatas. Ada beberapa cara untuk mengatasi masalah masuknya kerucut air, yaitu dengan mengurangi laju produksi dan penambahan lubang sumur infil.

2.4 INFLOW PERFORMANCE RELATIONSHIP (IPR)

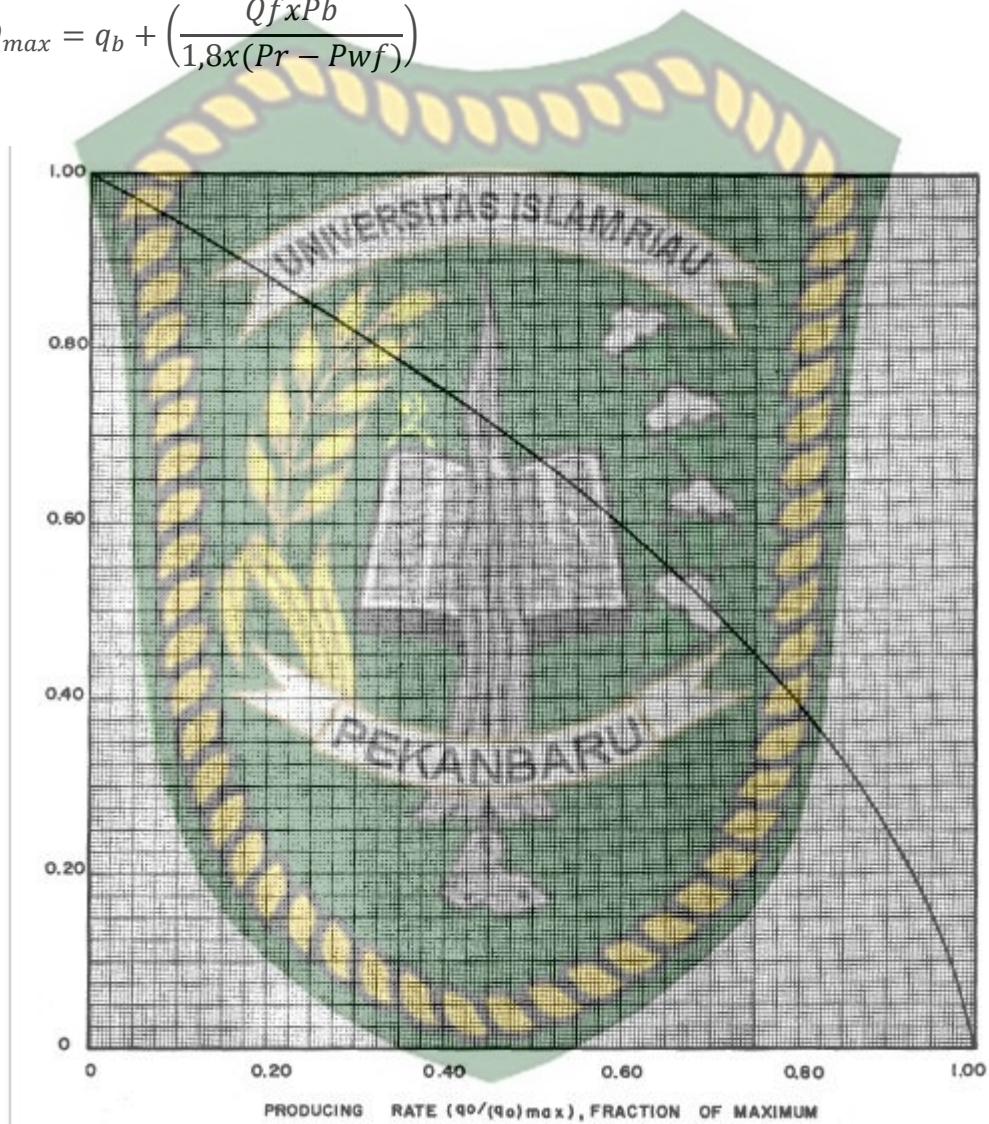
Kurva Inflow Performance Relationship (IPR) adalah kurva yang menggambarkan kemampuan suatu sumur untuk berproduksi, yang dinyatakan dalam bentuk hubungan antara laju produksi (q) terhadap tekanan alir dasar sumur (P_{wf}) (Musnal, 2014)

Nilai *productivity index* (PI), laju alir maksimum dan *performance* sumur ditentukan dengan menggunakan data yang diperoleh dari test. Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai *productivity index* (PI) adalah sebagai berikut:

$$PI = \frac{Rate}{(Pr - Pwf)}$$

Laju alir maksimum dan *performance* sumur diperoleh dengan menggunakan persamaan Vogel :

$$Q_{max} = q_b + \left(\frac{Q_f \times P_b}{1,8x(Pr - Pwf)} \right)$$



Gambar 2.2 Kurva IPR (Brown, K. E 1980)

2.5 MENGHITUNG LAJU ALIR KRITIS

Perencanaan laju produksi minyak dari suatu sumur yang menembus lapisan minyak-air haruslah dijaga pada suatu harga tertentu yang bertujuan untuk mencegah masuknya air atau gas kedalam lubang sumur. Air yang masuk kedala sulur akan menurunkan laju produksi minyak, sehingga laju produksi minyak yang terbaik harus ditentukan semaksimal mungkin tanpa menyebabkan *water coning*.

Laju produksi kritis adalah laju produksi maksimum minyak yang diperbolehkan dalam suatu sumur tanpa menghasilkan air atau gas yang masuk dalam zona produksi minyak. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan laju kritis acuan untuk mengetahui laju produksi dimana sumur tidak mengalami produksi kritis *water coning*. Ada beberapa factor kritis yang mempengaruhi produksi *water coning* dari sumur minyak, diantaranya : (Rukmana, 2011).

1. Sifat fisik batuan dan fluida
2. Ketebalan zona minyak
3. Perbedaan densitas air-minyak
4. Jarak vertikal antara dasar perforasi dengan water level.

Untuk mengetahui kemungkinan terjadinya coning pada suatu sumur kajian, dapat diperkirakan dari perbandingan antara laju produksi aktual dengan laju produksi minyak kritis bebas *water coning*, yaitu:

$$PLPM = \frac{Q_{aktual}}{Q_{kritis}}$$

Dimana;

- | | |
|---------------------|---|
| PLPM | = Perbandingan laju produksi minyak |
| Q _{aktual} | = Laju produksi minyak sebenarnya di lapangan |
| Q _{kritis} | = Laju produksi kritis bebas <i>water coning</i> , BOPD |

Apabila sumur kajian mempunyai harga PLPM > 1, maka sumur tersebut telah mengalami *water coning*.

Bagaimanapun juga pada laju produksi kritis ini merupakan suatu posisi dimana kemungkinan terjadinya suatu kondisi yang tidak stabil. Jadi konsekuensi umum dari adanya laju produksi kritis ini adalah merupakan awal terjadinya produksi air (*water breakthrough*) (Brown, K, E., 1984).

Water breakthrough adalah produksi air di reservoir minyak akibat diproduksinya minyak. Minyak yang dihasilkan akan tergantikan oleh air dibawahnya. Semakin lama minyak di produksi, semakin luas wilayah yang ditempati air tersebut. Maka suatu saat air akan diproduksi bersama-sama dengan minyak. Breakthrough time adalah waktu yang dibutuhkan dari mulai produksi sumur hingga produksi formasi. Untuk menghindari coning, sumur biasanya berproduksi pada laju kritis, tetapi karena alasan ekonomi, sumur biasanya berproduksi pada laju yang lebih tinggi daripada laju kritis. Hal ini mengakibatkan cepat terproduksinya air (Moradi, 2011).

Proses produksi adalah mencari cara terbaik untuk menghasilkan/mengangkat fluida di reservoir ke permukaan. Hal ini tidak mudah, tetapi melibatkan aktifitas yang cukup kompleks. Oleh karena itu perlu dilakukan optimalisasi volume produksi minyak bumi agar hasilnya memberikan keuntungan yang maksimal. Salah satu upaya tersebut adalah dengan menjaga tekanan lapisan minyak, sehingga diharapkan dapat mengangkat sebagian besar minyak yang ada dilapisan minyak tersebut kepermukaan. Jika hal ini tidak diperhatikan, tenaga pendorong bisa habis saat masih ada banyak minyak di dalam reservoir. Banyak tindakan dan metode yang dapat dilakukan untuk menjaga tekanan reservoir selama produksi, diantaranya mengontrol laju alir produksi. Laju alir kritis dapat dihitung dengan menggunakan beberapa metode. Metode tersebut antara lain (Musnal, 2014)

1. Metode Chaperon
2. Metode Chiericci
3. Metode Mayer, Gardner dan Pirson

2.5.1 Metode Chaperon

Chaperon mengansumsikan parameter dalam metode yang ia gunakan yaitu (Ahmed, T. 2006) :

1. Formasi anisotropic
2. $K_v \neq K_h$

Chaperon mengembangkan persamaan laju alir kritis pada reservoir yang terjadi gas coning, persamaannya sebagai berikut (Musnal, 2014)

$$q_o = \frac{3,486 \times 10^{-5} k_h h^2}{B_o \mu_o} [\Delta\rho] q_c^*$$

Untuk U.S oil field units persamaan diatas menjadi :

$$q_o = \frac{4,888 \times 10^{-4} k_h h^2}{B_o \mu_{oo}} [\Delta\rho] q_c^*$$

$$Q_{oc} = 0.0783 \times 10^{-4} \frac{k_h (h - hp)^2}{\mu_o B_o} [\Delta\rho] q_c$$

$$q_c^* = 0,7311 + (1,942/\alpha'')$$

$$\alpha'' = (re/h)(k_v/k_h)^{0,5}$$

Dimana :

Q_{oc} = Laju alir kritis STB/D

$\Delta\rho$ = $\rho_w - \rho_o$ Perbedaan densitas minyak dan air lb/ft^3

re = Jari-jari pengurasan reservoir, ft

rw = Jari-jari sumur, ft

h = Ketebalan zona minyak, ft

hp = Interval perforasi, ft

Kh = Permeabilitas horizontal, mD

B_o = Faktor volume forasi minyak, RB/STB

μ_o = Viscositas minyak, cp

2.5.2 Metode Chiericci

Hal ini merupakan identifikasi awal dari masalah *water coning*, menghitung laju produksi kritis menggunakan metode chiericci untuk mengetahui sumur kajian mengalami masalah *water coning* disertai menghitung *breakthrough time* dan menentukan sistem yang tepat untuk penanganan *water coning* pada sumur yang dikaji (Jenita *et al.*, 2016).

Metode Chiericci menggunakan metode pontentiometric dalam mencari laju produksi kritis dengan parameter-parameter reservoir serta produksi untuk menentukan interval perforasi dan posisinya. Dan selain dapat digunakan untuk menentukan besarnya laju produksi kritis dapat juga digunakan untuk optimasi penempatan Panjang dari selang perforasi agar laju produksi kritisnya maksimum. (Muskat, Morris, 1946).

Hal yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk diagram yang dapat digunakan untuk memecahkan dua masalah :

1. Apabila diketahui karakteristik fluida batuan reservoir serta posisi dan panjang interval perforasi, maka dapat ditentukan laju produksi maksimum tanpa ikut terproduksinya air atau gas bebas.
2. Apabila diketahui karakteristik fluida dan batuan reservoir saja, maka dapat ditentukan posisi dan panjang interval perforasi yang optimum.

Dengan asumsi formasi homogen dan incompressible, maka batas minyak-air dan minyak-gas akan stabil bila produksi minyak pada sumur tidak melebihi harga : (Muskat, 1946).

$$q_{oc} = 0,003073 \times h^2 \left(\frac{\rho_w - \rho_o(k_h)\Psi}{B_o\mu_o} \right)$$

$$q_{ocw} = 0,003073 \left(h^2 \frac{\Delta\rho_{ow}k_h}{B_o\mu_o} \right) \Psi(r_{DE}, fb, h_{cw}/h)$$

$$q_{ocg} = 0,003073 \left(h^2 \frac{\Delta\rho_{og}k_h}{B_o\mu_o} \right) \Psi(r_{DE}, fb, h_{cw}/h)$$

Dimana :

q_{ocw} = Laju produksi maksimum sebelum terjadi produksi air, STB/D

q_{og} = Laju produksi maksimum sebelum terjadi produksi gas, SCF/D

h = Total kedalaman kolom minyak, ft

$\Delta\rho_{ow}$ = Selisih berat jenis air-minyak, gr/cc

$\Delta\rho_{og}$ = Selisih berat jenis gas-minyak, gr/cc

kh = Permeabilitas horizontal, cp

Kv = Permeabilitas vertika, cp

$r_{DE} = \frac{r_e}{h} \sqrt{\frac{k_h}{k_v}}$

r_e = Jari-jari pengurasan, ft

fb = Fraksi dari total kolom minyak

h_{og} = Jarak antara batas minya-gas ke puncak interval perforasi, ft

h_{ow} = Jarak antara batas minya-air ke puncak interval perforasi, ft

B_o = Faktor volume formasi minyak di reservoir, bbl/STB

μ_o = Viscositas minyak, cp

Dari persamaan diatas, bila laju produksi minyak q_o lebih besar dari q_{ow} maka air akan ikut terproduksi. Demikian pula bila q_o lebih besar dari q_{og} maka gas akan ikut terproduksi. Oleh karena itu q_o harus memenuhi ketidakasamaan $q_o < q_{ow}$ dan $q_o < q_{og}$.

Chiericci menentukan harga dari fungsi Ψ dengan menggunakan analisa potensiometrik. Batasan-batasan yang dipakai dalam menentukan harga Ψ adalah:

$$A. 5 \leq r_{DE} \leq 80$$

$$B. 0 \leq fb \leq 0,75$$

$$C. 0,07 \leq h_{ow}/h, h_{og}/h \leq 0,90$$

Untuk menentukan harga Ψ , terlebih dahulu dihitung harga r_{DE} , yaitu dengan menggunakan persamaan $r_{DE} = \frac{r_e}{h} \sqrt{\frac{k_h}{k_v}}$, kemudian dipilih grafik yang paling sesuai dengan harga r_{DE} yang diperoleh. Jika telah ada harga $\frac{h_{ow}}{h}$ dan fb , maka harga Ψ didapatkan pada perpotongan kedua harga tersebut. Kemudian dengan menggunakan persamaan $q_{ocw} = 0,003073 \left(h^2 \frac{\Delta \rho_{ow} k_h}{B_o \mu_o} \right) \Psi(r_{DE}, fb, h_{cw}/h)$, maka besarnya h_{ow} dapat ditentukan.

Harga Ψ dapat juga dihitung secara analitis, yaitu dengan menggunakan persamaan :

$$\psi_w = EXP \left[A + B \ln \left(\frac{h_{cw}}{h} \right) \right]$$

Dimana :

$$A = C + D [EXP. (-fb)]$$

$$B = E + F \sqrt{fb}$$

Dan :

$$C = 0,31253676 - 0,32957799 (\ln r_{DE})$$

$$C = -1,17760395 - 0,19623644 (\ln r_{DE})$$

$$C = -1,409514123 - 0,0029341 (\sqrt{r_{DE}}) (\ln r_{DE})$$

$$C = -0,50297452 - 0,826966176 (\sqrt{r_{DE}}) (\ln r_{DE})$$

2.5.3 Metode Mayer, Gardner dan Pirson

Pada dasarnya ada tiga kategori hubungan yang dipergunakan untuk memecahkan persoalan coning, kategori ini merupakan: korelasi tingkat kritis, korelasi waktu terobosan, serta kinerja sumur setelah terobosan.

Yang pertama dipresentasikan oleh Muskat pada tahun 1937, ia mempresentasikan solusi asumsi berdasarkan banyak asumsi seperti, potensial fase tunggal (minyak) di sekitar sumur pada kondisi steady-state yang dijelaskan oleh solusi Laplace. Persamaan buat fluida mampat; kondisi

batas fluks yang seragam pada sumur tersebut, serta distribusi potensial pada fase minyak tak dipengaruhi fase kerucut.

Chaney membuat sekumpulan kurva dimana laju aliran kritis bisa ditentukan pada bagian panjang perforasi. Metode ini adalah perluasan berasal kerja Muskat dan berdasarkan hasil dari analisis matematis dan potesiometri *water coning*. Mayer dan Garner memilih analisis laju aliran maksimum minyak ke dalam sumur tanpa zona air yang masuk ke bagian produksi sumur.

Chierice dkk memakai modal potensialmetri buat memprediksi perilaku coning di sumurnya vertical. Hasil pekerjaan mereka tersaji dalam grafik tak berdimensi yang memperhitungkan permeabilitas vertical dan horizontal (Rustum, 2015)

Mayer, Gardner dan Pirson secara analitis memilih aliran minyak maksimum yang diizinkan masuk kedalam sumur tanpa zona air yang masuk ke bagian produksi sumur. Untuk menyederhanakan perawatan analitis di asumsikan reservoir homogen serta aliran radial. Mayer, Gardner dan Pirson menghasilkan persamaan berikut buat menghitung tingkat keritis (Kuo, M, T, C, 1983). Asumsi yang digunakan untuk metode ini adalah (Ahmed, T. 2006) :

1. Aliran minyak kedalam lubang sumur hanyalah aliran radial
2. Aliran air dari WOC ke bagian bawah lubang sumur hanya arah vertikal
3. Reservoir homogen, dengan permeabilitas yang sama yaitu $K_v = K_h$

Pada metode Mayer, Gardner dan Pirson memberikan persamaan untuk *water coning* sebagai berikut (Khalaf & Company, 2009).

$$q_o = 0,001535 \frac{(\rho_w \rho_o)}{\ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right)} \frac{k_o}{\mu_o B_o} [h^2 - h_p^2]$$

Dimana :

q_o	= Laju alir kritis, STB/D
ρ_w	= Densitas air, lb/ft^3
ρ_o	= Densitas minyak, lb/ft^3
r_e	= Jari-jari pengurasan reservoir, ft
r_w	= Jari-jari sumur, ft
K_o	= Permeabilitas efektif minyak, mD
μ_o	= Viskositas minyak, cp
B_o	= Faktor volume formasi, RB/STB
h	= Ketebalan zona minyak, ft
hp	= Interval perforasi, ft

2.6 MENGHITUNG WAKTU TEMBUS AIR (BREAKTHROUGH TIME)

Dalam industry minyak dan gas, karena persoalan sewa serta investasi ekonomi, produksi sumur berada di atas tingkat minyak kritis karena mungkin rendah dan tidak bisa memenuhi waktu pengembalian yang ditetapkan. Dengan demikian, memprediksi kinerja produksi waduk sebagai fungsi waktu adalah hal yang sangat krusial (Olabode *et al.*, 2019).

Menariknya beberapa dari reservoir kolom minyak tipis ini mengakumulasi cadangan potensial yang bisa dipulihkan yang menjamin pengembangan serta produksi selanjutnya. Sayangnya, karna kolom minyak yang tipis, reservoir rim minyak tipis rentan terhadap terobosan air awal yang mungkin terjadi sebagai dampak dari kenaikan normal kontak air-minyak, kerucut air,penyaluran air atau kombinasi (Okon *et al.*, 2018). Kerucut air-pergerakan air ke atas ke dalam interval produksi terjadi ketika gaya kental melebihi gaya gravitasi di lubang sumur. Selama produksi minyak dan gas, keparahan fenomena kerucut air mencakup: berkurangnya efisiensi prosedur penipisan, ditinggalkannya lebih awal dari sumur yang terkena dampak, berkurangnya pemulihan lapangan, penurunan profibilitas lapangan dan biaya tambahan untuk penanganan air yang di produksi (Shaibu *et al.*, 2017). Oleh karena itu, untuk mengatasi persoalan tersebut selama produksi hidrokarbon, strategi pengembangan/produksi yang memadai diterapkan untuk tahap awal

produksi. Untuk minyak ringan reservoir, salah satu pendekatan yang akan dipertimbangkan untuk mencapai recoveri yang optimal adalah dengan memprediksi waktu terjadinya *water coning* yaitu waktu breakthrough. Dengan demikian, dalam literatur, beberapa laju produksi ini didelta Niger, studi coning di reservoir minyak ringan mendapat perhatian terbatas. Studi yang tersedia oleh (Omeke *et al.*, 2010) (Onwukwe *et al.*, 2012) (Abdulkarim, 2014). Antara lain menggunakan model reservoir genetik, desain eksperimental atau pendekatan permukaan respon untuk mengemangkan korelasi parameter coning.

Produksi air dari sumur minyak adalah kejadian umum yang meningkatkan biaya produksi dan juga mengurangi efesiensi mekanisme penggerak deplesi dan akibatnya, pemulihan cadangan. Tujuan dari pekerjaan ini adalah untuk memodelkan perilaku coning (terutama *water coning*, dari air bawah) dan kemudian menggunakannya untuk mengevaluasi waktu, yang dikenal sebagai waktu terobosan (breakthouh time) (Mensah & Igbokoyi, 2013).

Perhitungan waktu tembus air menggunakan metode Sobocinski-Cornelius dengan langkah perhitungan sebagai berikut.

a. Dimensionless Cone Height

$$Z = 0,00307 \times \frac{(\rho_o - \rho_w) kh h_{rc}}{\mu_o B_o q_o}$$

b. Dimensionless Time to Breakthrough

$$(tD)_{BT} = \frac{Z}{3 - (0,7(Z))}$$

c. Aktual *Breakthrough Time*

$$t_{BT} = \frac{(tD)_{BT} \mu_o \theta h nk}{0,00137 (\rho_o - \rho_w) kh (1 + M^\alpha)}$$

Dimana :

- ρ_o = Densitas minyak, lb/ft^3
- h = Ketebalan zona minyak, ft
- hp = Interval perforasi
- ϕ = Porositas, fraksi
- Kh = Permeabilitas horizontal minyak, mD
- Kv = Permeabilitas vertikal minyak, mD
- Q_o = Laju alir minyak, STB/D
- μ_o = Viskositas minyak, cp
- B_o = Faktor volume minyak formasi, RB/STB
- M = Mobilitas air-minyak\

$$= \frac{[(Krw)Sor]}{[(Kro)Swc]} \left(\frac{\mu_o}{\mu_w} \right)$$
- α = 0.5 untuk $M < 1$
 = 0.6 untuk $1 < M < 10$

Penelitian terdahulu, Sumur Ratu di Lapangan Kinantan salah satu lapangan di Riau. Penelitian yang dilakukan disumur Ratu untuk mencari kurva IPR dan Laju Alir kritis dengan menggunakan metode Chaperon pada tahun (Musnal, 2014).

Penelitian (Dita Anggriyani, 2017), membahas tentang masalah *water coning* dan *breakthrough time* pada sumur D1 dan D2 pada lapangan DA dengan menggunakan metode Chaperon dan Mayer-Gardner. Pada sumur D1 menggunakan metode Chaperon menghasilkan laju alir kritis sebesar 17.99 BOPD. Pada sumur D2 menggunakan metode Mayer-Gardner menghasilkan laju alir kritis sebesar 14.03 BOPD.

Penelitian (Faula Jenita,)pada PT. Pertamina EP Asset 1 Field Ramba, Evaluasi masalah *water coning* menggunakan metode chierici pada sumur menghasilkan sumur X-41 :0,42 Bopd, sumur X-95 :1,19 Bopd, sumur X-98 : 18,36 Bopd, sumur X-99 : 14,96 Bopd. Hal ini menunjukkan bahwa keempat sumur yang dikaji mengalami masalah *water coning* dengan menggunakan metode Chiericci.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Research* dimana data yang dipergunakan adalah data sekunder yang didapatkan dari engineer yang bekerja di perusahaan akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode Metode Chaperon, Chiericci, Mayer Gardner dan Pirso berdasarkan data lapangan pada sumur x. Adapun metodologi dalam penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Lokasi : Lapangan Y.
2. Metode penelitian : *Field Research*
3. Teknik pengumpulan data:

Data sekunder, data yang diperoleh dari paper/ jurnal, studi literatur, penelitian terdahulu dan diskusi dengan dosen pembimbing mengenai lapangan yang mengalami masalah *water coning* dan laju alir kritis.

3.2 PENGOLAHAN DATA

Proses evaluasi sumur X yang mengalami permasalahan *water coning* pada suatu lapangan minyak meliputi beberapa tahapan, diantaranya yaitu menganalisa sejarah produksi sumur, menghitung laju alir kritis sumur, membuat diagnostic plot dan menentukan waktu tembus air (*breakthrough time*).

3.2.1 Analisa Sejarah Produksi Sumur

Analisa sejarah produksi sumur merupakan tahapan pertama yang dilakukan. Dalam tahapan ini, sejarah produksi sumur yang ada disuatu lapangan digambarkan dalam sebuah grafik.

3.2.2 IPR

Nilai *productivity index* (PI), laju alir maksimum dan *performance* sumur ditentukan dengan menggunakan data yang diperoleh dari test. Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai *productivity index* (PI) adalah sebagai berikut:

$$PI = \frac{Rate}{(Pr - Pwf)}$$

Laju alir maksimum dan *performance* sumur diperoleh dengan menggunakan persamaan Vogel :

$$Q_{max} = q_b + \left(\frac{QfxPb}{1,8x(Pr - Pwf)} \right)$$

3.2.3 Perhitungan Laju Alir Kritis

Perhitungan laju alir kritis merupakan tahapan kedua dalam penelitian ini yang dilakukan dengan 3 metode yaitu : metode Chiericci, Chapperon, Mayer Garner dan Pirson.

1. Metode Mayer-Gardner

Perhitungan metode ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut, dimana data-data yang diperlukan tersedia.

$$q_o = 0,001535 \frac{(\rho_w \rho_o)}{\ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right)} \frac{k_o}{\mu_o B_o} [h^2 - h_p^2]$$

h_p = Kedalaman dasar perforasi – kedalaman puncak perforasi

2. Metode Chaperon

Perhitungan metode ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut, dimana data-data yang diperlukan tersedia.

$$q_o = \frac{3,486x10^{-5} k_h h^2}{B_o \mu_o} [\Delta\rho] q_c^*$$

Untuk U.S oil field units persamaan diatas menjadi :

$$q_o = \frac{4,888x10^{-4} k_h h^2}{B_o \mu_{o0}} [\Delta\rho] q_c^*$$

$$Q_{oc} = 0.0783 \times 10^{-4} \frac{k_h (h - h_p)^2}{\mu_o B_o} [\Delta \rho] q_c$$

$$q_c^* = 0,7311 + (1,942/\alpha'')$$

$$\alpha'' = (re/h)(k_v/k_h)^{0,5}$$

3. Metode Chiericci

Perhitungan metode ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut, dimana data-data yang diperlukan tersedia.

$$q_{oc} = 0,003073 \times h^2 \left(\frac{\rho_w - \rho_o (k_h) \Psi}{B_o \mu_o} \right)$$

$$q_{ocw} = 0,003073 \left(h^2 \frac{\Delta \rho_{ow} k_h}{B_o \mu_o} \right) \Psi(r_{DE}, fb, h_{cw}/h)$$

$$q_{ocg} = 0,003073 \left(h^2 \frac{\Delta \rho_{og} k_h}{B_o \mu_o} \right) \Psi(r_{DE}, fb, h_{cw}/h)$$

3.2.4 Breakthrough Time

Perhitungan waktu tembus air merupakan tahapan keempat dalam proses penelitian. Tahapan untuk menghitung *Breakthrough Time* menggunakan metode Sobocinski-Cornelius dengan langkah perhitungan sebagai berikut.

Dimensionless Cone Height

$$Z = 0,00307 \times \frac{(\rho_o - \rho_w) kh h_{nc}}{\mu_o B_o q_o}$$

Dimensionless Time to Breakthrough

$$(tD)BT = \frac{Z}{3 - (0,7(Z))}$$

Aktual *Breakthrough Time*

$$tBT = \frac{(tD)BT \mu_o \theta h nk}{0,00137 (\rho_o - \rho_w) kh (1 + M^\alpha)}$$

3.3 ALUR PENELITIAN



3.4 TEMPAT PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PT.BOB Pertamina Hulu yang berlokasi di Siak Sri Indrapura, kabupaten Siak, Riau, Indonesia. PT.BOB Pertamina Hulu ini berada di Siak yang berjarak kurang lebih 110km dari Pekanbaru. Yang disesuaikan dengan materi yang akan diperoleh nantinya.

3.5 WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini mulai dilaksanakan pada Juli-Oktober 2020 untuk mengevaluasi permasalahan yang terjadi di sumur X lapangan Y untuk sumur yang mengalami permasalahan *water coning*.

3.6 JADWAL PENELITIAN

No	Uraian Kegiatan	November				Desember			
		Minggu Ke							
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur								
2	Seminar Proposal								
3	Penelitian Lapangan								
4	Pengumpulan dan Pengolahan Data								
5	Penyusunan TA								
6	Presentasi TA								

Tabel 3.1. Tabel Jadwal Penelitian

3.7 DATA PENELITIAN

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah sekunder berupa hasil data dari engineer dilapangan yang membahas permasalahan sumur untuk mengalisa masalah *water coning* dan menghitung laju aliran fluida kritis dengan Dengan Metode Chaperon, Chierici, Mayer, Gardner dan Pirson dengan tambahan referensi dari buku-buku, paper atau jurnal dan diskusi dengan berbagai narasumber berpengalaman dilapangan maupun dengan dosen pembimbing.

3.8 PROSEDUR PENELITIAN

3.8.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini peneliti pengumpulan informasi yang berkaitan dengan topik yang akan dibahas. Informasi ini dapat diperoleh dari berbagai sumber baik itu buku, jurnal atau paper, diskusi langsung dengan dosen pembimbing ataupun orang-orang lapangan yang paham mengenai materi yang akan di bahas tersebut

3.8.2 Pengolahan Data

Pada tahap pengolahan data ini peneliti mengolah data-data yang telah diperoleh dan dari data tersebut peneliti membagi lagi menjadi beberapa bagian fokus yang akan di bahas seperti: evaluasi permasalahan yang terjadi pada lapangan tersebut, metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dan terakhir perhitungan yang sesuai untuk permasalahan yang terjadi di lapangan tersebut.

3.8.3 Analisis Hasil Penelitian

Analisis hasil penelitian ini merupakan tahap dimana dari penelitian dilakukan hasil yang diperoleh oleh penelitian tersebut apakah baik atau buruk, apakah ditutup atau masih bisa di produksi kembali.

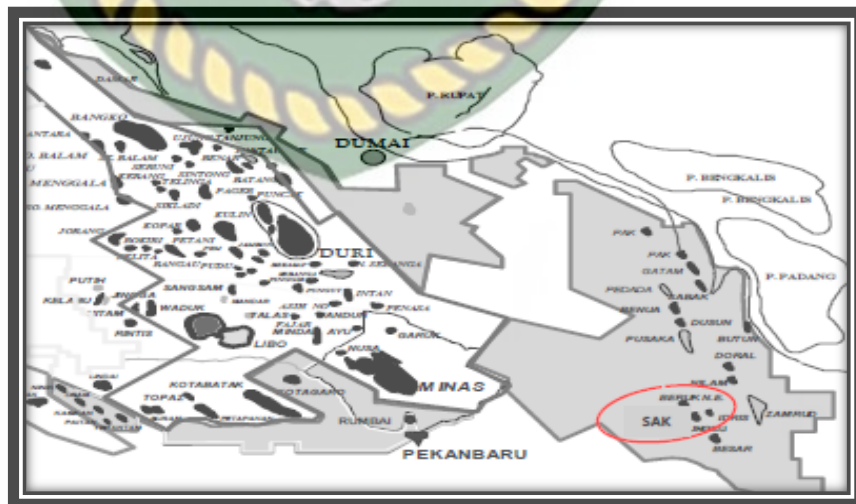
3.8.4 Pembahasan

Pada tahap pembahasan ini merupakan tahap akhir dari penelitian ini dimana pada tahap ini merupakan hasil akhir yang akan disimpulkan dari evaluasi yang telah dilakukan sehingga nanti dapat disimpulkan hasil-hasil yang telah diperoleh selama penelitian berlangsung.

3.9 STUDI LAPANGAN

3.9.1 Sejarah Umum Lapangan

Lapangan Y adalah salah satu lapangan minyak yang dikelola oleh BOB PT. BSP-Pertamina Hulu dengan sistem bagi hasil (*production sharing*) dengan pemerintah Indonesia. Lapangan ini merupakan salah satu asset lapangan didalam block milik BOB. PT Bumi Siak Pusako - Pertamina Hulu. Secara administrasi terletak di kab. Siak Sri Indrapura, Prov Riau. Dulunya lapangan ini dikelola oleh PT CPI (2002). Lapangan ini bagian dari termasuk kedalam Blok Cekungan Sumatera Tengah. Lapangan ini ditemukan pada tahun 1982 yang mempunyai 2 formasi reservoir. Lapangan memulai diproduksi pada tahun 1989 dan memiliki 9 sumur produksi.



Gambar 3.1 Lokasi Lapangan Y (Sumber: BOB PT. BSP-Pertamina Hulu Siak)

3.9.2 Stratigrafi Cekungan Sumatera

Menurut (Heidrick and Aulia, 1993) unit Stratigrafi Tersier regional Cekungan Sumatra Tengah dibagi menjadi 5 unit, yang berumur dari Kala Paleogen sampai Kuarter. 5 kelompok tersebut adalah Formasi Pematang, Kelompok Sihaps, Formasi Teliisa, Formasi Ptani dan terakhir Formasi Minass. Untuk lapangan Alastor, terdiri dari Kelompok Sihaps yaitu Formasi Bekasap dan Formasi Bangko.

a. Formasi Bekasap

Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Bangko pada lingkungan *estuarine intertidal, inner-neritic* sampai *middle atau outer neritic* (Dawson, et.al, 1997) dan mempunyai kisaran umur dari akhir N5 sampai N8. Litologinya penyusunnya adalah batu pasir *glaukonit* di bagian atas serta sisipan serpih, batu gamping tipis dan lapisan batu bara. Ketebalan formasi ini sekitar 1300 ft.

b. Formasi Bangko

Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Formasi Mengala dan berumur N5 atau *Miosen* awal. Lingkungan pengendapan Formasi ini adalah *open marine shelf* dipengaruhi oleh *intertidal* dan laut. Litologinya berupa serpih abu-abu bersifat gamping, berselingan dengan Batu pasir halus sampai sedang. Ketebalan formasi ini mencapai 300 ft.

3.9.3 Kondisi Geologi Lapangan

Dari sejarah geologi dan struktur bumi lapangan minyak Y berada Cekungan Sumatera Tengah. Disebelah barat daya cekungan tidak simetris dibatasi oleh sesar, serta singkapan batuan pra-tercier yang terangkat sepanjang kaki pengunungan Bukit Barisan. Disebelah timur laut dibatasi oleh ketinggian lempung dan suatu dataran tinggi yang terletak sejajar dengan pantai timur Sumatera sedangkan sebelah utara dan barat laut dibatasi oleh

tinggian Asahann, disebelah barat laut Pekanbaru cekungan ini dibatasi oleh batuan pra–tersier.

3.9.4 Karakteristik Lapangan

Reservoir lapangan Y termasuk kedalam Formasi Bekasap yang terjebak pada perangkat faulted anticlinal structure. Reservoir ini memiliki tenaga pendorong alamiah *water drive* (strong *water drive*) dengan recovery factor (RF) mencapai 36.8%. Setiap reservoir yang ada memiliki sifat-sifat yang berbeda. Hal ini tergantung kepada temperatur dan tekanan saat terbentuk hidrokarbon tersebut.



BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL

Pemilihan sumur yang akan dianalisis laju alir kritisnya didasarkan pada penurunan laju alir produksi minyak dan meningkatnya laju alir produksi air secara signifikan. Penyebab terjadinya penurunan produksi pada sumur disebabkan oleh adanya *water coning* sehingga air lebih banyak terproduksi ke permukaan.

Water coning yaitu dimana air bergerak dari zonanya masuk kedalam zona minyak secara vertikal menuju lubang sumur melintasi bidang batas minyak-air (WOC) yang terjadi karena sumur tersebut diproduksi melebihi laju produksi kritisnya dan membentuk kerucut (cone), selain itu karena adanya selisih tekanan yang cukup besar antara tekanan reservoir (P_s) terhadap tekanan aliran dasar sumur (P_{wf}) melebihi tekanan hidrostatiknya (P_h).

4.1 ANALISA SEJARAH PRODUKSI SUMUR X

Sumur X merupakan bagian dari lapangan Y. Sumur ini merupakan salah satu wilayah kerja dari BOB PT. BSP-Pertamina Hulu yang terletak dikabupaten Siak Sri Indrapura, Provinsi Riau. Sumur X merupakan sumur dalam yang mulai diproduksi pada tahun 2008 dan telah memproduksi minyak bersamaan dengan air.

Berdasarkan data yang ada pada sumur X didapat data sumur seperti data yaitu, hasil data umum, data sifat fisik fluida reservoir, sifat fisik batuan reservoir, data produksi dan tekanan. Kemudian data-data tersebut akan diproses dan dihitung dan dapat dilihat pada **table 4.1, tabel 4.2, tabel 4.3, dan tabel 4.4.**

Tabel 4.1 Data Umum (Kedalaman dan Ukuran Tubing)

NO	DATA	SUMUR X	SATUAN
1	Diameter Tubing	3,5	ID, inch
2	Kedalaman Sumur	2115	ft
3	Ketebalan Minyak	20	ft
4	Interval Perforasi	8	Ft
5	Mid Perforasi	1659	Ft
6	Top Perforasi	1570	Ft
7	Bottom Perforasi	1748	Ft
8	Jarak dari <i>bottom</i> perforasi ke WOC	4	ft

Tabel 4.2 Data Sifat Fisik Fluida Reservoir

NO	DATA	SUMUR X	SATUAN
1	Densitas Minyak	0,8447	Gr/cc
2	Densitas Air	1	Gr/cc
3	Viskositas minyak	2,7	cp
4	Viskositas air	0,3	cp
5	Fakto volume formasi minyak	1,07	Bbl/stb

Tabel 4.3 Data Sifat Fisik Batuan Reservoir

NO	DATA	SUMUR X	SATUAN
1	Permeabilitas minyak	300	mD
2	Permeabilitsa vertical	30	mD
3	Permeabilitas horizontal	300	mD
4	porositas	30	%

Tabel 4.4 Data Produksi Sumur X

NO	DATA	SUMUR X	SATUAN
1	Working Fluid Level (WFL)	234	
2	Static Fluid Level (SFL)	242	
3	Jari-jari pengurasan	820	Ft
4	Jari-jari sumur	0,14	Ft
5	<i>Water Cut</i> (WC)	90	%
6	Laju Produksi Minyak	68,8654	Bopd
7	Laju Produksi Air	741,765	Bwpd
8	Laju Produksi Fluida	810,6304	Bfpd

Diatas merupakan data Sumur X yang di bor dengan arah vertikal dengan kedalaman 2115ft yang mulai diproduksi pada 16 April 2008 dan telah memproduksi minyak bersamaan dengan air. Dengan produksi minyak awal sebesar 444 BOPD dan *water cut* 50%. Setelah sampai bulan Mei 2008 produksi sumur ini hanya mampu memproduksi 68,8654 BOPD dengan *water cut* sebesar 90%.

4.2 IDENTIFIKASI TERJADINYA WATER CONING PADA SUMUR X

1. Kesalahan saat memproduksi sumur

Dimana sumur yang diproduksi dengan laju produksi diatas laju alir kritis akan menyebabkan gradien tekanan alir disekitar lubang sumur menjadi besar dari gradien tekanan hidrostatik fluida. Dapat dilihat dari hasil produksi yang terdapat di **lampiran 2** bahwa sumur X memproduksi laju alir produksi sebesar 68, 8654 BOPD diatas laju alir kritisnya yaitu pada metode Mayer Garner dan Pirson laju alir kritis sebesar 0,9587 BOPD, pada metode Chaperom laju alir kritis sebesar 2,7777 BOPD, pada metode Chierici laju alir kritis sebesar 10,2686 BOPD, yang dapat menyebabkan terjadinya *water coning*.

2. Karakteristik reservoir

Karakteristik reservoir berpengaruh terhadap terjadinya *water coning*, yaitu sifat fisik fluida dan batuan reservoir yang meliputi viskositas, densitas minyak dan air, serta permeabilitas vertikal dan horizontal mekanisme pendorong reservoir dan ketebalah zona minyak.

a. Perbandingan densitas minyak dan densitas air

Perbedaan densitas air dan densitas minyak akan menentukan besarnya gradien hidrostatik / gradien gaya gravitasi antar fluida (P_h). Semakin besar perbedaan densitas air dan minyak maka gradien hidrostatik akan semakin besar sehingga dapat memperkecil kemungkinan terbentuknya kerucut air. Pada sumur X perbedan densitas air dan minyak sebesar 0,1553 gr/cc menghasilkan P_h sebesar 0,2689 Psi.

b. Viscositas

Pada sumur X memiliki viskositas minyak sebesar 2,7 cp dengan P_{wf} 629,0451Psi lebih besar dari pada P_h 0,2689 Psi dan dipengaruhi oleh mobilitas minyak yang rendah 0,2065 dari pada mobilitas air 2,3116. Sehingga air akan cenderung memotong batas WOC untuk mengalir ke lubang sumur.

c. Permeabilitas vertical dan horizontal

Jika permeabilitas vertikal bernilai lebih besar dari permeabilitas horizontal maka fluida akan lebih cenderung bergerak mengalir kearah vertikal dari pada horizontal. Pada sumur X memiliki permeabilitas vertikal yang lebih rendah yaitu sebesar 30mD, dan permeabilitas horizontal lebih besar yaitu sebesar 300 mD. Namun dengan adanya mekanisme pendorong (*water drive*) posisi minyak akan selalu tergantikan oleh air yang mendesak minyak kepermukaan dan pada akhirnya akan sampai kepermukaan.

d. Mekanisme pendorong reservoir

Pada sumur X mekanisme pendorong reservoir berupa air (*water drive*) yang berjarak 4 ft dari *bottom* perforasi yang ada tepat dibawah zona minyak. Maka dari itu air selalu berusaha mendesak minyak dari

formasi produktif ke dasar lubang sumur, sehingga air akan mengalir masuk kedalam zona minyak dengan memotong arah aliran.

4.3 HASIL PERHITUNGAN LAJU ALIR KRITIS

Untuk mengevaluasi terjadinya *water coning* biasanya sumur diproduksi pada laju produksi kritis. Laju produksi kritis merupakan laju produksi minyak yang maksimum yang diizinkan pada suatu sumur tanpa terproduksinya air kedalam zona minyak . untuk mengetahui seberapa besar laju alir kritis pada sumur X agar tidak terjadi *water coning* digunakan beberapa metode :

1. Metode Mayer Garner dan Pirson
2. Metode Chaperon
3. Metode Chierici

Dari hasil perhitungan laju produksi kritis yang terdapat pada **lampiran 3** didapatkan hasil yang berbeda-beda pada masing-masing sumur, yang dapat dilihat pada tabel diwabah ini.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Q kritis pada masing-masing metode pada sumur X

METODE	Q AKTUAL (BOPD)	Q KRITIS (BOPD)	KETERANGAN
Mayer Garner dan Pirson	68,8654	0,9587	<i>Water Coning</i>
Chaperon		2,7777	<i>Water Coning</i>
Chierici		10,2686	<i>Water Coning</i>

Dapat dilihat pada **tabel 4.5** bahwa hasil perhitungan dari Q aktual 68,8654 BOPD dan Q kritis pada metode Mayer Garner dan Pirson sebesar 0,9587 BOPD, Q kritis pada metode Chaperon sebesar 2,777 BOPD dan metode Chierici sebesar 10,2686 BOPD.

Maka dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sumur X mengalami *water coning* karena disebabkan oleh Q aktual melebihi Q kritis pada ke tiga metode yang digunakan (Metode Mayer Garner dan Pirson, metode Chaperon).

4.4 HASIL PERHITUNGAN BREAKTHROUGH TIME

Water breakthrough adalah mulai terproduksinya air didalam reservoir akibat diproduksikannya minyak. Minyak yang diproduksi akan digantikan oleh air yang berada dibawah minyak, semakin lama minyak diproduksi maka semakin banyak daerah yang ditempati oleh air dan suatu saat air tersebut akan mulai terproduksi bersama dengan minyak. Breakthrough time adalah waktu yang diperlukan dari awal diproduksikannya sumur sampai terproduksikannya air formasi.

Metode yang digunakan untuk menghitung *breakthrough time* pada sumur X yaitu metode Bournazel dan Jeanson. Berikut merupakan hasil dari perhitungan *breakthrough time* dengan metode Bournazel dan Jeanson.

Tabel 4.6 Hasil Perhitungan *Breakthrough Time* pada masing-masing metode pada sumur X

METODE	Q rate	BREAKTHROUGH TIME (hari)
Bournazel dan Jeanson	68,8654	4828,5703
	0,9587	9487822,157
	2,7777	176986,4326
	10,2886	35107,2274

Dari metode Bournazel dan Jeanson di atas dapat dilihat hasil produksi dilapangan menunjukan waktu yang diperlukan untuk air sampai ke formasi

produktif hingga terproduksi ke permukaan yang ditandai dengan terjadinya *jumping water cut*.

Dari hasil perhitungan laju alir kritis dan breakthrough time pada sumur X dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya *water coning*. Dimana dapat dilihat dari data pada **tabel 4.6** bahwa Q aktual sebesar 68,8654 BOPD *breakthrough timenya* terjadi pada 4828,5703 hari, Q rate dengan metode Mayer Garner dan Pirson sebesar 0,9587 BOPD *breakthrough timenya* terjadi pada 9487822,157 hari, hari, Q rate dengan metode Chapron sebesar 2,7777 BOPD *breakthrough timenya* terjadi pada 176986,4326 hari, Q rate dengan metode Chaperon sebesar 2,7777 BOPD *breakthrough timenya* terjadi pada 176986,4326 hari, Q rate dengan metode Chierici sebesar 10,2886 BOPD *breakthrough timenya* terjadi pada 35107,2274 hari.

4.5 KURVA IPR PADA SUMUR X LAPANGAN Y

Tujuan dari dibuatnya kurva IPR adalah untuk melihat kemampuan sumur tersebut mengalir. Berdasarkan persamaan maka kita dapat membuat kurva IPR dengan menggunakan metode Vogel untuk aliran 2 fasa yaitu yang dipakai pada penelitian ini adalah fasa minyak dan air.

Nilai *productivity index* (PI), laju alir maksimum dan *performance* sumur ditentukan dengan menggunakan data yang diperoleh dari test. Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai *productivity index* (PI) adalah sebagai berikut:

$$PI = \frac{Rate}{(Pr - Pwf)}$$

Laju alir maksimum dan *performance* sumur diperoleh dengan menggunakan persamaan Vogel :

$$Q_{max} = q_b + \left(\frac{Q_f x P_b}{1,8x(Pr - Pwf)} \right)$$

$$\frac{q_0}{q_{max}} = 1 - 0,2 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right) - 0,8 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right)^2$$

$$q_{max} = \frac{q_0}{1 - 0,2 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right) - 0,8 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right)^2}$$

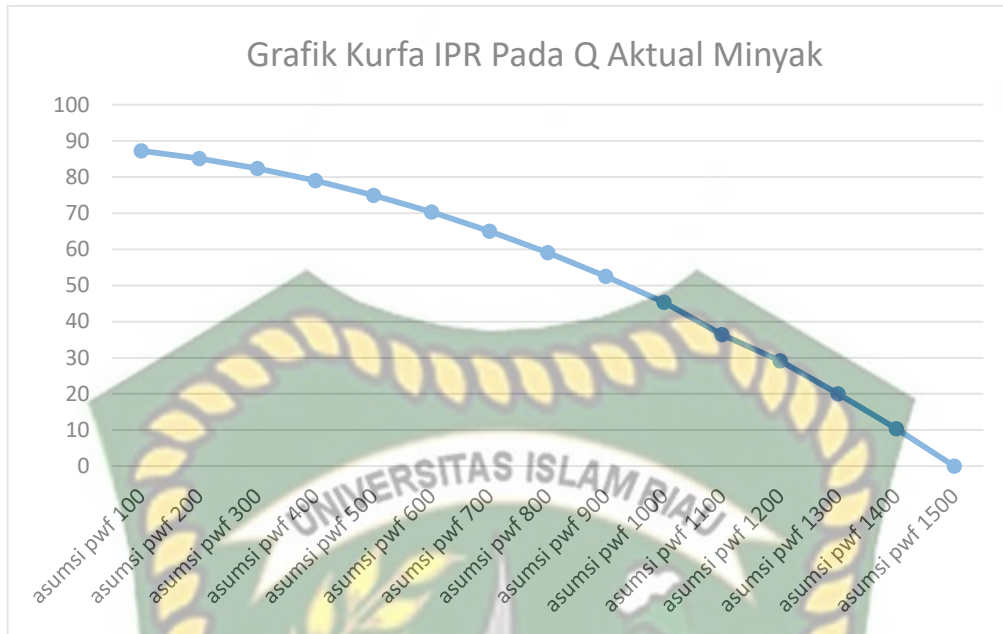
$$q_{max} = \frac{68,8654}{1 - 0,2 \left(\frac{629,0451}{1500} \right) - 0,8 \left(\frac{629,0451}{1500} \right)^2}$$

$$q_{max} = 88,8087 \text{ BOPD}$$

Untuk hasil selanjutnya dapat dihitung dengan berbagai harga dari asumsi Pwf.

Tabel 4.7 Data untuk pembuatan kurva IPR pada Q Aktual

Q Maksimum	88.80876087
Asumsi Pwf 100	87.30887957
Asumsi Pwf 200	85.17746931
Asumsi Pwf 300	82.41453008
Asumsi Pwf 400	79.02006189
Asumsi Pwf 500	74.99406473
Asumsi Pwf 600	70.33653861
Asumsi Pwf 700	65.04748351
Asumsi Pwf 800	59.12689946
Asumsi Pwf 900	52.57478643
Asumsi Pwf 1000	45.39114444
Asumsi Pwf 1100	36.39185667
Asumsi Pwf 1200	29.12927356
Asumsi Pwf 1300	20.05104468
Asumsi Pwf 1400	10.34128682
Asumsi Pwf 1500	0



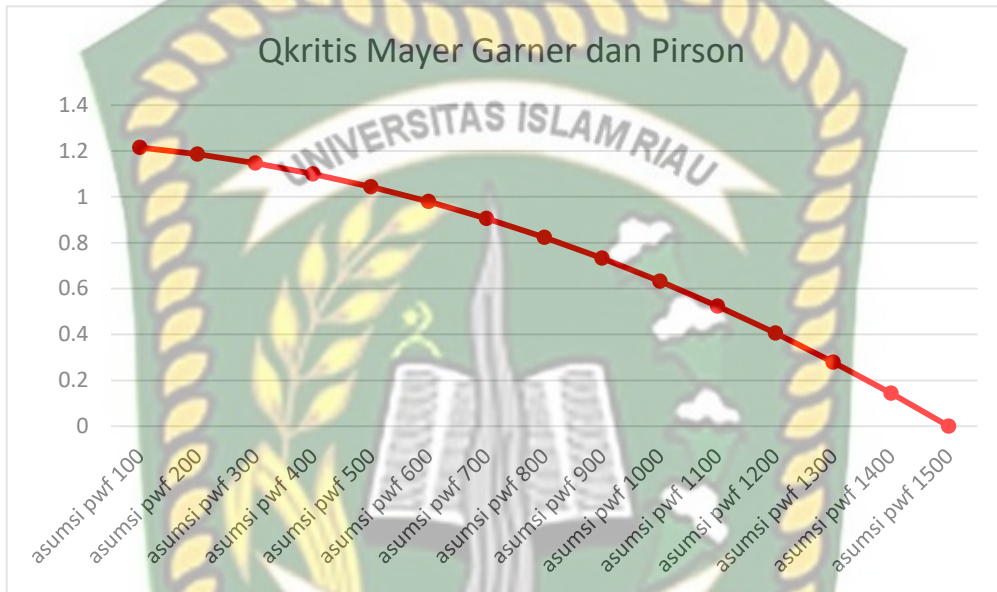
Gambar 4.1 Grafik kurva IPR pada Q Aktual Minyak

Berdasarkan perhitungan pembuatan kurva IPR dengan metode vogel maka didapat harga Q_{max} minyak = 88.80876087 BOPD.

Tabel 4.8 Data untuk pembuatan kurva IPR pada Q Kritis dengan Metode Mayer Garner dan Pirson

Q Maksimum	1.236394866
Asumsi Pwf 100	1.21551353
Asumsi Pwf 200	1.185840053
Asumsi Pwf 300	1.147374435
Asumsi Pwf 400	1.100116676
Asumsi Pwf 500	1.044066775
Asumsi Pwf 600	0.979224734
Asumsi Pwf 700	0.90559055
Asumsi Pwf 800	0.823164226
Asumsi Pwf 900	0.73194576
Asumsi Pwf 1000	0.631935154

Asumsi Pwf 1100	0.523132405
Asumsi Pwf 1200	0.405537516
Asumsi Pwf 1300	0.279150485
Asumsi Pwf 1400	0.143971313
Asumsi Pwf 1500	0



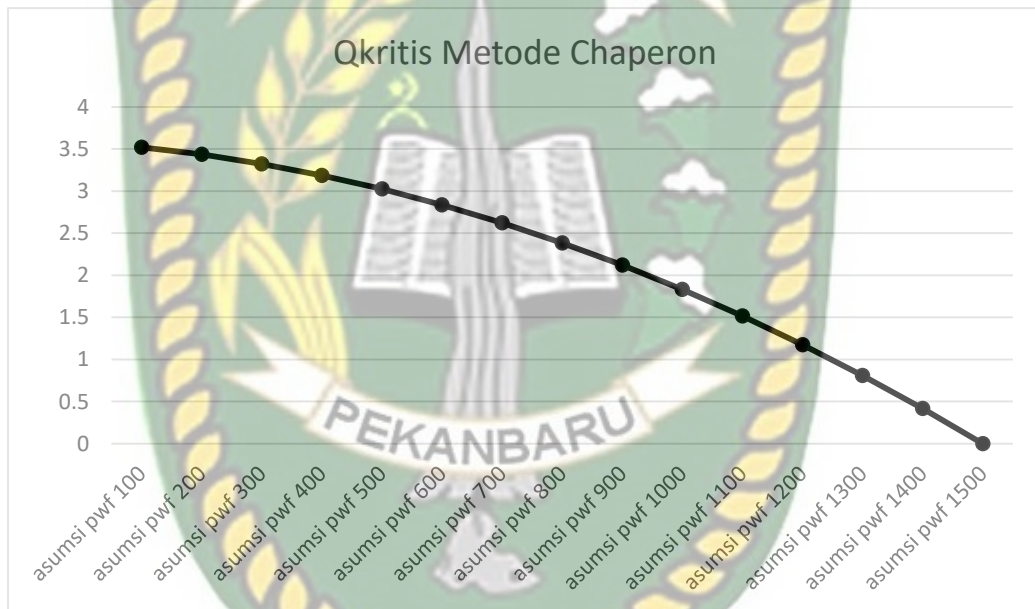
Gambar 4.2 Grafik kurva IPR pada Q Kritis dengan Metode Mayer Garner dan Pirson

Berdasarkan perhitungan pembuatan kurva IPR dengan metode vogel maka didapat harga Qmax minyak = 1.236394866 BOPD.

Tabel 4.9 Data untuk pembuatan kurva IPR pada Q Kritis dengan Metode Chaperon

Q Maksimum	3.582183507
Asumsi Pwf 100	3.521684408
Asumsi Pwf 200	3.435712003
Asumsi Pwf 300	3.324266294
Asumsi Pwf 400	3.18734728
Asumsi Pwf 500	3.024954961
Asumsi Pwf 600	2.837089337

Asumsi Pwf 700	2.623750408
Asumsi Pwf 800	2.384938175
Asumsi Pwf 900	2.120652636
Asumsi Pwf 1000	1.830893792
Asumsi Pwf 1100	1.515661644
Asumsi Pwf 1200	1.17495619
Asumsi Pwf 1300	0.808777432
Asumsi Pwf 1400	0.417125368
Asumsi Pwf 1500	0

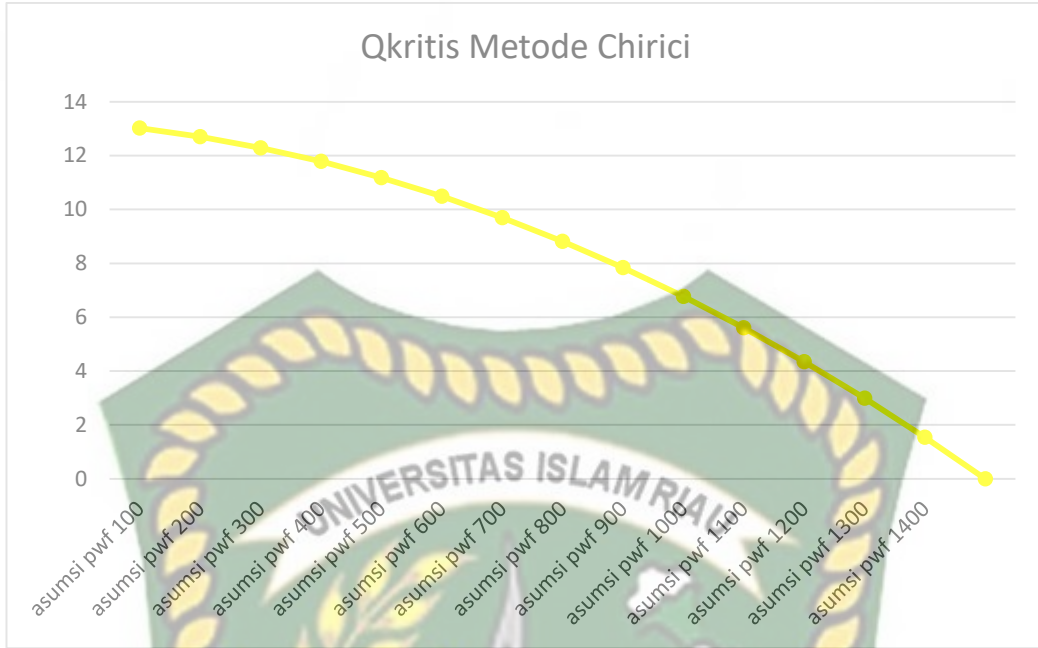


Gambar 4.3 Grafik kurva IPR pada Q kritis Metode Chaperon

Berdasarkan perhitungan pembuatan kurva IPR dengan metode vogel maka didapat harga Q_{max} minyak = 3.582183507 BOPD.

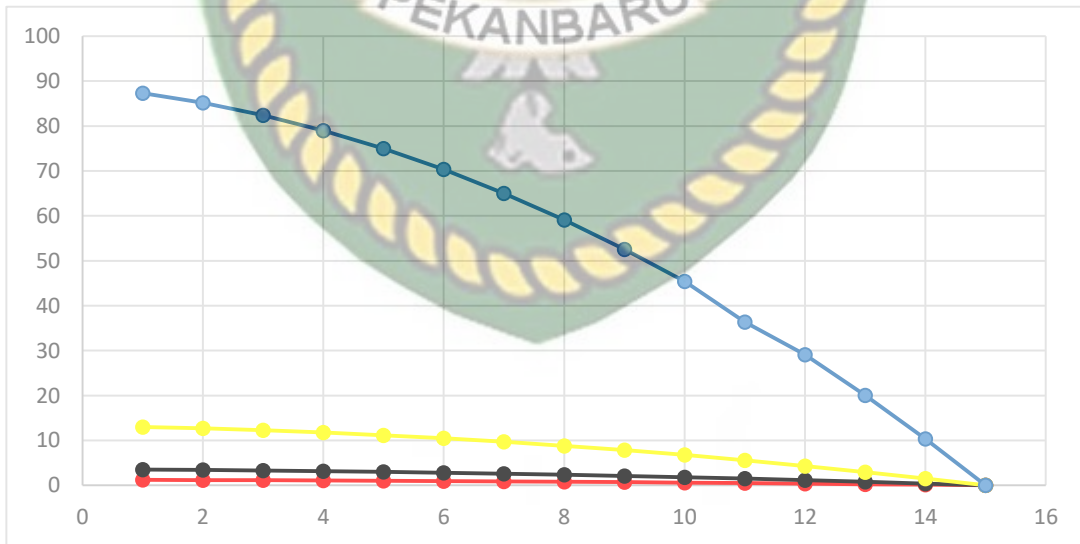
Tabel 4.10 Data untuk pembuatan kurva IPR pada Q Kritis dengan Metode Chierici

Q Maksimum	13.2424468
Asumsi Pwf 100	13.01879659
Asumsi Pwf 200	12.70097787
Asumsi Pwf 300	12.28899063
Asumsi Pwf 400	11.78283489
Asumsi Pwf 500	11.18251063
Asumsi Pwf 600	10.48801787
Asumsi Pwf 700	9.699356592
Asumsi Pwf 800	8.816526805
Asumsi Pwf 900	7.839528508
Asumsi Pwf 1000	6.7683617
Asumsi Pwf 1100	5.603026381
Asumsi Pwf 1200	4.343522552
Asumsi Pwf 1300	2.989850212
Asumsi Pwf 1400	1.542009361
Asumsi Pwf 1500	0



Gambar 4.4 Grafik kurva IPR pada Q kritis Metode Chierici

Berdasarkan perhitungan pembuatan kurva IPR dengan metode vogel maka didapat harga Q_{max} minyak = 13.2424468 BOPD.



Gambar 4.5 Perbandingan Grafik kurva IPR pada Q Aktual, Q Kritis Metode Mayer Garner dan Pirson, Metode Chaperon, Metode Chieri

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan analisa hasil dan pembahasan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil dari perhitungan yang menggunakan metode Mayer Garner dan Pirson adalah 0,9587 BOPD, hasil dari perhitungan metode Chaperon adalah 2,777 BOPD, dan hasil dari perhitungan dari metode Chiericci adalah 10,2686 BOPD. Jadi dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan ke tiga metode tersebut sumur X mengalami masalah *water coning*.
2. Hasil dari perhitungan *Breakthrough Time* bahwa lamanya kerucut air sampai ke formasi pada sumur X dengan Q kritis = 0,9587 BOPD adalah 9487822,157 hari, Q kritis = 2,7777 BOPD adalah 176986,4326 hari, Q kritis = 10,2686 BOPD adalah 35107,2274 hari.

5.2 SARAN

Saran penulis untuk peneliti selanjutnya yang ingin melanjutkan tugas akhir ini adalah untuk melakukan dengan metode yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulkarim, M. A. (2014). Development of Coning Correlations for Oil Rim Reservoir Susing Experimental Design and Responsurface Methodology.
- Ahmed. (2000). Second Edition Second Edition. In *Dairy Science & Technology*, CRC Taylor & Francis Group (Issue June).
- Aminian, K., & Najafi, B. (2001). Ambulatory Gait Analysis Using Gyroscopes. *Technology, January 2001*, 3–4.
- Anthony, I. (2011). *Development of Generalized Well Semi- Analytical Coning Models*.
- Armenta, M. (2003). Mechanisms And Control Of Water Inflow To Wells In Gas By. *Mechanisms And Control Of Water Inflow To Wells In Gas, December*.
- Ayeni, K. B. (2008). *Empirical Modeling and Simulation of Edgewater*. May.
- Brown, K. E. (1980). *Kermit E. Brown The Technology of Artificial Lift Methods vol 1.pdf*.
- Brown, K. E. (1984). *The technology of artificial lift methods, Volume 4 - Production optimization of oil and gas wells by nodal systems analysis*. (pp. 1–464).
- Chan. (1995). *SPE 30775 Chan Diagnostic Plots.pdf* (p. 9).
- Dake, L. P. (1978). (*Developments in Petroleum Science 8*) L.P. Dake (Eds.)- *Fundamentals of Reservoir Engineering-Elsevier Science (1978).pdf* (p. 232).
- Giger, F. M. (1989). Analytic two-dimensional models of water cresting before breakthrough for horizontal wells. *SPE Reservoir Engineering (Society of Petroleum Engineers)*, 4(4), 409–416.
- Heidrick and Aulia. (1993). *A Structural and Tectonic Model of The Coastal Plain Block, Central Sumatera Basin, Indonesia*. Indonesia Petroleum Assosiation, *Proceeding 22th Annual Convention*.

- Jenita, F., Komar, S., Pertambangan, J. T., Teknik, F., Sriwijaya, U., Palembang-, J., Km, P., Pertamina, P. T., Asset, E. P., Ramba, F., & Banyuasin, M. (2016). *Chierici Dalam Evaluasi Terjadinya Water Coning Pada Sumur X Lapangan Y Pt Pertamina Ep Asset IField Ramba Analisis of Critical Production Rate Using the Method in the Evaluation Chierici Water Coning Wells X Y Pt Pertamina Ep Asset I Field Ramba*. 1–7.
- Khalaf, S. M., & Company, O. (2009). *Water Coning In Asmary Reservoir-Fauqi*. 15(4), 4339–4346.
- Kwame. S., Aggrey, W. N. (2014). Intelligent well Technology- Dealing with Gas Coning Problems in Production wells. *International Jurnal of Aplpied Science and Technology*, 4(5), 121–135.
- Mensah, A. E., & Igbokoyi, A. O. (2013). Breakthrough time correlations for coning in bottom water supported reservoirs. *Society of Petroleum Engineers - 37th Nigeria Annual Int. Conf. and Exhibition, NAICE 2013 - To Grow Africa's Oil and Gas Production: Required Policy, Funding, Technol., Techniques and Capabilities, 1*, 123–132.
- Moradi, B. (2011). Objectification Theory: Areas of Promise and Refinement. *The Counseling Psychologist*, 39(1), 153–163.
- Muskat, M. (1946). The flow of fluids through porous media. *Journal of Applied Physics*, 8(4), 274–282.
- 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), 1–8.
- Okon, A., Appah, D., & Akpabio, J. (2017). *Water Coning Prediction Review and Control: Developing an Integrated Approach*. *Journal of Scientific Research and Reports*, 14(4), 1–24.
- Okon, A., Appah, D., & Akpabio, J. (2018). Correlation for Predicting Water Breakthrough Time in Thin Oil Rim Reservoirs in the Niger Delta. *Asian Journal of Engineering and Technology*, 6(3), 25–33.

- Olabode, O. A., Etim, E., Okoro, E., Ogunkunle, F. T., & Abraham, V. D. (2019). Predicting post breakthrough performance of water and gas coning. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 10(2), 255–272.
- Omeke, J. E., Livinus, A., Uche, I. N., Obah, B., & Ekeoma, E. (2010). A proposed cone *breakthrough time* model for horizontal wells in thin oil rim reservoirs. *Society of Petroleum Engineers - Nigeria Annual International Conference and Exhibition 2010, NAICE, 2*, 963–973.
- Onwukwe, S. I., Obah, B., & Chukwu, G. A. (2012). A model approach of controlling coning in oil rim reservoirs. *Society of Petroleum Engineers - 36th Nigeria Annual Int. Conf. and Exhibition 2012, NAICE 2012 - Future of Oil and Gas: Right Balance with the Environment and Sustainable Stakeholders' Participation, 1*(August), 337–346.
- Papatzacos, P., Herring, T. R., Martinsen, R., & Skjaeveland, S. M. (1991). Cone *breakthrough time* for horizontal wells. *SPE Reservoir Engineering (Society of Petroleum Engineers)*, 6(3), 311–318.
- Rukmana, D., Kristanto, D., & CahyokoAji, V. D. (2011). *Buku Referensi Teknik Reservoir.pdf*.
- Rustum, D. J. (2015). *Comparison between Empirical Water Coning Models and Single – Well Simulation*. 3(2), 2946–2955.
- Saputra, V. (2009). *Ikatan Ahli Teknik Perminyakan Indonesia Simposium Nasional Iatmi 2009 Makalah Profesional Iatmi 09-016 Analisis Data Water Oil Ratio Untuk Memprediksi Nilai Permeabilitas Vertikal Terhadap Permeabilitas Horisontal*. July 2019, 2–5.
- Shaibu, R., Klewiah, I., Mahamah, M. A., Acquah, I. E., Cobbah, C., & Asiedu, S. W. (2017). *An Intelligent Well Approach to Controlling Water Coning Problems in Horizontal Production*. 6(01), 317–323.

Wheatly, M. . (1985). Field development planning for the semangkok field offshore peninsular Malaysia. *Society of Petroleum Engineers - Southeast Asia Show, SEA 1984*, 835–862.

Yang, W., & Wattenbarger, R. A. (1991). Water coning calculations for vertical and horizontal wells. *Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Sigma*, 459–470.

