

**PERENCANAAN PENERAPAN METODA WATER
CONFORMANCE DAN PENENTUAN LAJU ALIR KRITIS
UNTUK MEMINIMALISIR WATER CONING PADA SUMUR
IDR DI LAPANGAN STF**

PROPOSAL PENELITIAN

Diajukan guna penyusunan tugas akhir Program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

TRY ALIANDRI

NPM. 133210192



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh

Nama : Try Aliandri
NPM : 133210192
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Skripsi : Perencanaan Penerapan Metode *Water Conformance* dan Penentuan laju alir kritis, untuk meminimalisir *Water Coning* pada sumur IDR di Pada lapangan STF

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 I : Ir. H. Ali Musnal., MT. ()
Penguji : Richa Melysa, ST., MT. ()
Penguji : Idham Khalid, ST., MT. ()
Ditetapkan di : Pekanbaru
Tanggal : 04-09-2020

Disahkan oleh:

**KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN**

**DOSEN PEMBIMBING
MAHASISWA**

Novia Rita, ST.,MT

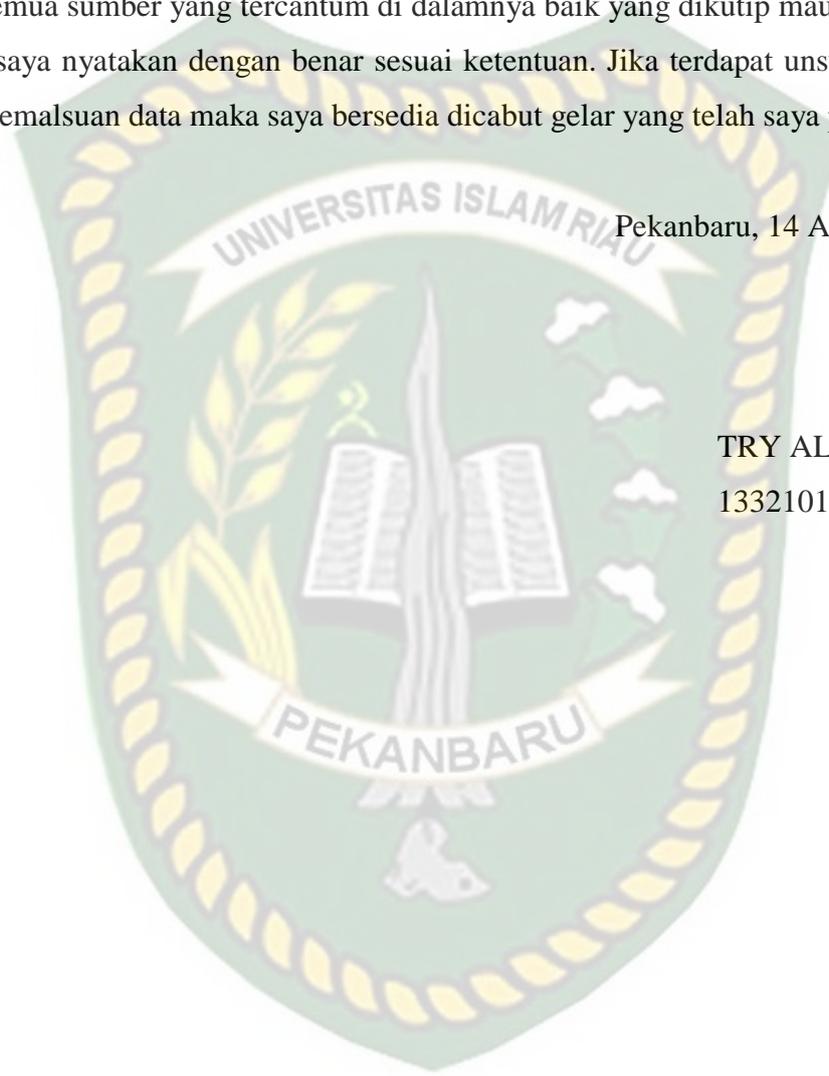
Ir. H. Ali Musnal., MT

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum di dalamnya 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, 14 Agustus 2020

TRY ALIANDRI
133210192



KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhanahu wa Ta'ala karena atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan. Universitas Islam Riau. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Tanpa bantuan dari mereka tentu terasa sulit rasanya untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ir.H.Ali Musnal,.MT selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ketua dan sekretaris prodi serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dan hal lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
3. Orang tua yang tidak mungkin mampu saya membalas jasa mereka walaupun bumi serta isinya saya hadiahkan sebagai gantinya. Adik-adik dan keluarga yang memberikan dukungan penuh material maupun moral..
4. Semua teman dan sabahat, senior dan junior perkuliahan yang tak mampu saya sebutkan satu persatu.

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

Pekanbaru, 14 Agustus 2020

TRY ALIANDRI

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
ABSTRAK.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN.....	2
1.4 BATASAN MASALAH.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 IPR-VOGEL.....	3
2.2 KONSEP DASAR WATER CONING.....	4
2.2.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi <i>Water Coning</i>	9
2.2.2 Gejala di Permukaan <i>Water Coning</i>	10
2.2.3 Usaha Penanggulangan <i>Coning</i>	10
2.3 PENENTUAN LAJU PRODUKSI LAJU KRITIS MINYAK BEBAS WATER CONING.....	10
2.3.1 Metode <i>Chiericci</i>	11
2.3.2 Metode Craft & Hawkins.....	14
2.3.3 Penentuan Interval Perforasi Optimum.....	15

2.4 PERKIRAAN WAKTU TERJADINYA CONING (BREAK TROUGH).....	16
2.4.1 Metode Sobocinski dan Cornelius.....	16
2.5 WATER CONFORMANCE.....	18
2.5.1 Perhitungan <i>Water Conformance</i>	21
2.5.2 Pelaksanaan <i>Water Conformance</i>	22
2.6 PENELITIAN TERDAHULU	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN	25
3.2 <i>FLOW CHART</i>	26
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN.....	27
4.1 DATA-DATA SUMUR KAJIAN.....	27
4.2 PERHITUNGAN LAJU PRODUKSI KRITIS BEBAS <i>WATER CONING</i> PADA SUMUR KAJIAN BERDASARKAN INTERVAL PERFORASI YANG TELAH DIBUAT.....	29
4.3 PERHITUNGAN LAJU PRODUKSI KRITIS MINYAK BEBAS <i>WATER CONING</i> PADA BERBAGAI HARGA INTERVAL PERFORASI	31
4.4 PENENTUAN <i>BREAKTHROUGH TIME</i>	33
4.5 <i>WATER COMFORMANCE</i>	35
4.5.1 Persiapan <i>Water Conformance</i> Pada Sumur IDR.....	36
4.5.2 Evaluasi Pelaksanaan <i>Water Conformance</i>	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	46
5.1 KESIMPULAN	46
5.2 SARAN	47
DAFTAR PUSTAKA	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	<i>Flow Chart</i>	4
Gambar 3.2	Gambar Lapangan pada SPR Langgak.....	6



DAFTAR TABEL

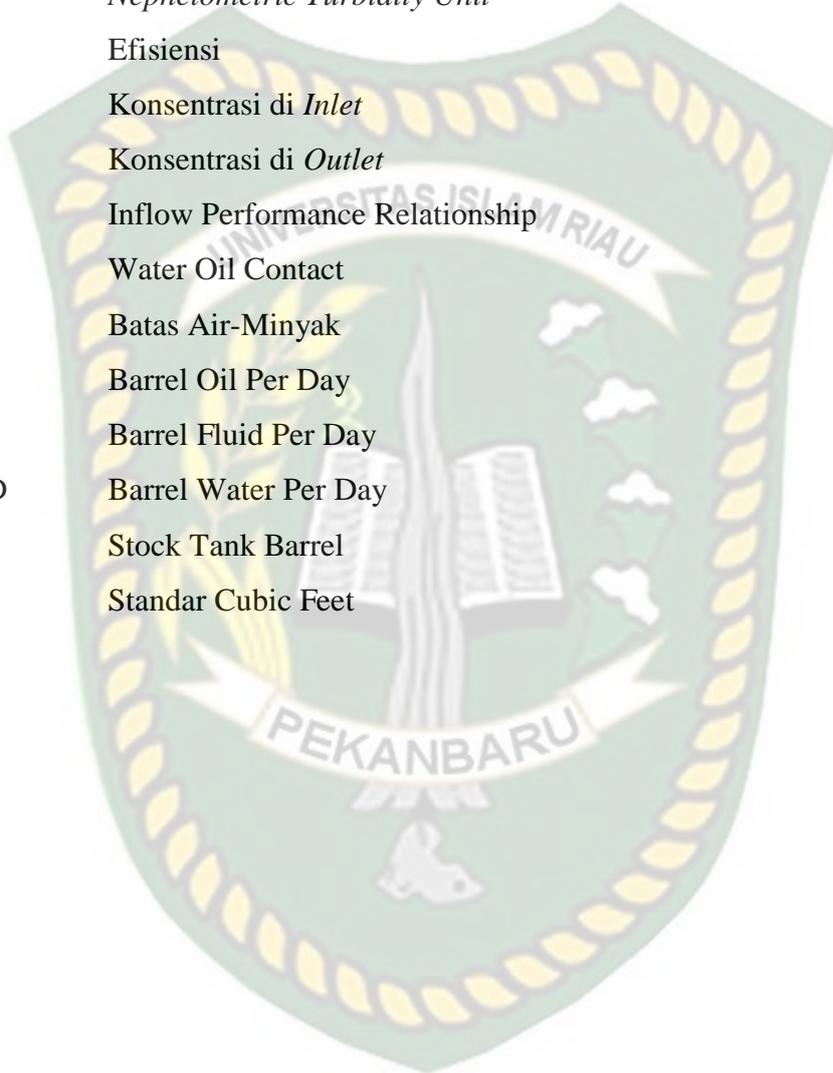
Tabel 3.1	Data yang Dibutuhkan.....	11
Tabel 3.2	Jadwal Penelitian.....	25



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR SINGKATAN

Ppm	<i>Parts per million</i>
TDS	<i>Total Dissolve Solid</i>
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>
n	Efisiensi
C_{inlet}	Konsentrasi di <i>Inlet</i>
C_{outlet}	Konsentrasi di <i>Outlet</i>
IPR	Inflow Performance Relationship
WOC	Water Oil Contact
BMA	Batas Air-Minyak
BOPD	Barrel Oil Per Day
BFPD	Barrel Fluid Per Day
BWPD	Barrel Water Per Day
STB	Stock Tank Barrel
SCF	Standar Cubic Feet



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Perhitungan Efisiensi



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

**PERENCANAAN PENERAPAN METODA *WATER CONFORMANCE*
DAN PENENTUAN LAJU ALIR KRITIS UNTUK MEMINIMALISIR
WATER CONING PADA SUMUR IDR DI LAPANGAN STF**

TRY ALIANDRI

133210192

ABSTRAK

Limbah Penurunan laju produksi sumur merupakan masalah utama bagi industri perminyakan. Penurunan laju produksi ini terjadi seiring dengan lamanya sumur tersebut diproduksi. Dalam memproduksi suatu lapangan minyak bertujuan untuk mendapatkan perolehan minyak yang maksimal, namun pada kondisi tertentu laju produksi turun akibat meningkatnya produksi air yang menyebabkan meningkatnya nilai *water cut* sehingga berpengaruh terhadap pengurangan nilai *recovery*. Salah satu faktor yang menyebabkan menurunnya laju produksi minyak dari suatu sumur adalah adanya *water coning* seperti yang terjadi pada sumur IDR lapangan STF memiliki produksi fluida sebesar 835.24 BFPD dengan laju produksi minyak sebesar 52.75 BOPD dan produksi air 782.49 BWPD.

Pada Tugas Akhir ini penulis membuat perencanaan penerapan metode *Water Conformance* dan menentukan laju alir kritis, untuk meminimalisir *water coning* dengan metode *Chiericci dan Craft & Hawkins* pada sumur IDR lapangan STF, Selain itu Metode *Water conformance* dapat mengubah viskositas fluida (air) yang berada dibawah lapisan minyak menjadi lebih tinggi dan pada temperature tertentu fluida (air) akan menjadi gel permanen dan diharapkan dapat memblokade atau menghambat aliran air yang menerobos lapisan minyak, sehingga air yang terproduksi berkurang atau hilang sama sekali.

Dari hasil evaluasi yang diperoleh, diharapkan metode *water conformance* dapat menjadi pertimbangan lebih lanjut untuk menentukan besarnya laju produksi minyak sehingga masalah *Water Coning* tidak menjadi hambatan dalam memproduksi minyak secara maksimal.

Kata Kunci : *Water coning, Water conformance, Chiericci and craft Hawkins, Water cut.*

**WATER CONFORMANCE METHOD APPLICATION PLANNING AND
DETERMINATION OF CRITICAL FLOW PROCEDURE TO MINIMIZE
WATER CONING AT IDR WELLS IN STF FIELD**

TRY ALIANDRI

133210192

ABSTRACT

Waste Decreasing well production rates is a major problem for the petroleum industry. This decrease in production rate occurs with the length of time the well has been produced. In producing an oil field, the objective is to obtain the maximum oil yield, but under certain conditions the production rate decreases due to increased water production which causes an increase in the water cut value so that it affects the reduction in the recovery value. One of the factors that causes a decrease in the rate of oil production from a well is the presence of water coning, as happened in the IDR well, the STF field has fluid production of 835.24 BFPD with an oil production rate of 52.75 BOPD and water production of 782.49 BWPD.

In this final project, the authors make a plan for the application of the Water Conformance method and determine the critical flow rate, to minimize water coning with the Chiericci and Craft & Hawkins methods in the STF field IDR well. In addition, the Water conformance method can change the viscosity of the fluid (water) under the layer. the oil becomes higher and at a certain temperature the fluid (water) will become a permanent gel and is expected to block or inhibit the flow of water through the oil layer, so that the water produced is reduced or lost altogether.

From the evaluation results obtained, it is expected that the water conformance method can be a further consideration to determine the amount of oil production rate so that the Water Coning problem does not become an obstacle in producing maximum oil.

Kata Kunci : *Water coning, Water conformance, Chiericci and craft Hawkins, Water cut.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Penurunan laju produksi sumur merupakan masalah utama bagi industri perminyakan. Penurunan laju produksi ini terjadi seiring dengan lamanya sumur tersebut diproduksi. Dalam memproduksi suatu lapangan minyak bertujuan untuk mendapatkan perolehan minyak yang maksimal, namun pada kondisi tertentu laju produksi turun akibat meningkatnya produksi air yang menyebabkan meningkatnya nilai *water cut* sehingga berpengaruh terhadap pengurangan nilai *recovery*. Salah satu faktor yang menyebabkan menurunnya laju produksi minyak dari suatu sumur adalah adanya *water coning* seperti yang terjadi pada sumur IDR lapangan STF memiliki produksi fluida sebesar 835.24 BFPD dengan laju produksi minyak sebesar 52.75 BOPD dan produksi air 782.49 BWPD dengan *water cut* 93% pada akhir 2016.

Pada Tugas Akhir ini penulis membuat perencanaan penerapan metode *Water Conformance* dan menentukan laju alir kritis, untuk meminimalisir *water coning* pada sumur IDR lapangan STF, BOB PT. BSP. diaplikasikan untuk mengatasi masalah *water coning* hasilnya tidak maksimal. Metode yang telah diaplikasikan yaitu melakukan perforasi jauh dari *water oil contact (woc)*, Selain itu Metode *Water conformance* dapat mengubah viscositas fluida (air) yang berada dibawah lapisan minyak menjadi lebih tinggi dan pada temperature tertentu fluida (air) akan menjadi gel permanen dan diharapkan dapat memblokade atau menghambat aliran air yang menerobos lapisan minyak, sehingga air yang terproduksi berkurang atau hilang sama sekali

Dari hasil evaluasi yang diperoleh, diharapkan dapat menjadi pertimbangan lebih lanjut untuk menentukan besarnya laju produksi minyak sehingga masalah *Water Coning* tidak menjadi hambatan dalam memproduksi minyak secara maksimal.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun beberapa tujuan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi terjadinya problem *water coning* pada sumur IDR dengan penentuan laju alir kritis minyak bebas *water coning* dengan metode *Chiericci dan Craft & Hawkins*.
2. Menentukan *Breaktrough Time* berdasarkan metode *Sobocinski dan Cornelius*.
3. Evaluasi *Water Comformance* pada sumur IDR dengan menginjeksikan fluida *injectrol*.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat penelitian ini untuk ruang lingkup mahasiswa agar dijadikan referensi tambahan dan sebagai ilmu pengetahuan mengenai perencanaan penerapan metode *Water Comformance* dan menentukan laju alir kritis, untuk meminimalisir *water coning* pada sumur IDR lapangan STF, BOB PT. BSP agar nantinya bisa dimanfaatkan untuk pedoman untuk dijadikan salah satu referensi mengenai *water coning* dan permasalahannya pada lapangan STF.

1.4 BATASAN MASALAH

Penulis membatasi masalah penelitian antara lain mengevaluasi laju alir kritis minyak bebas *water coning* dengan menggunakan metode *Chiericci dan Craft & Hawkins*, dan memprediksi *Breakthrough time* dengan metode *Sobocinski dan Cornelius*, selanjutnya menurunkan laju air yang besar dan meningkatkan produktivitas minyak pada sumur IDR lapangan STF dengan pengaplikasian *Water Comformance*.

BAB II

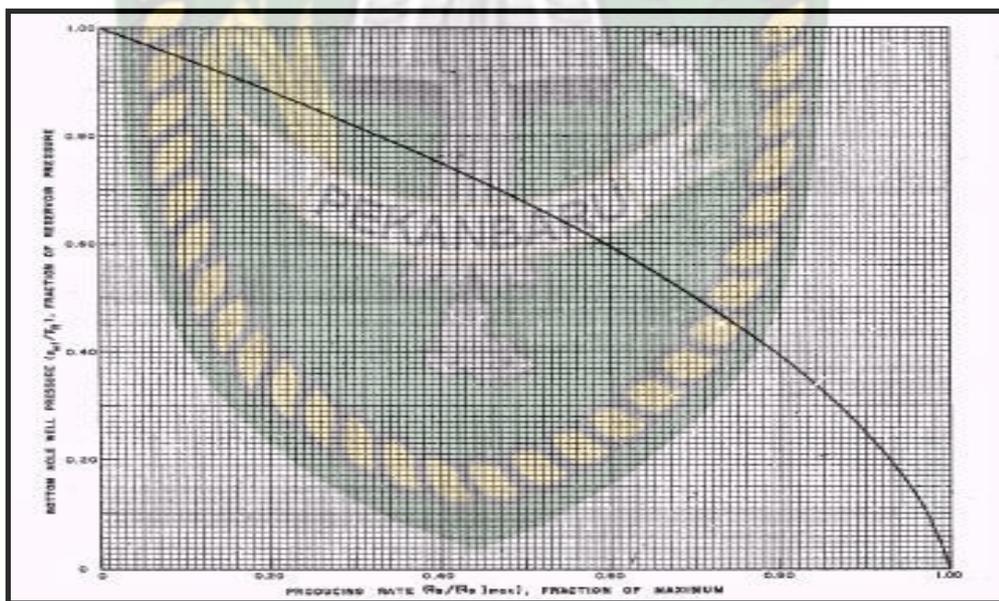
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 IPR-VOGEL

Vogel telah mengembangkan suatu persamaan IPR untuk aliran saturated oil dari reservoir berdaya dorong gas larutan kedalam *ideal well* suatu sumur yang berasumsi mempunyai *Skin Effect* (S) = 0 atau mempunyai *flow efisiensi* E =1, dengan formula (Vogel, J.V 1968):

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

Dimana q_o adalah laju produksi sumur sesuai dengan P_{wf} (adalah tekanan alir dasar sumur), P adalah tekanan static reservoir dan q_o, max adalah maksimum laju produksi pada *drawdown* 100% ($P_{wf} = 0$), bentuk grafik dari persamaan



dapat dilihat pada Gambar 2.1

Gambar 2.1 IPR *Solution Gas Drive*(Vogel, J.V 1968)

Agar diperoleh IPR yang memadai sebaiknya pengukuran tekanan menggunakan sensor yang mempunyai akurasi tinggi seperti *Amerada Bomb* atau EMR dan dilakukan pada suatu sumur yang telah berproduksi pada periode *pseudo steady state*, untuk memperoleh periode tsb. Sumur harus diproduksi

cukup lama sampai efek batas reservoir terasa ($dp/dt = \text{constant}$), karena pada periode ini perbedaan antara P dan P_{wf} relatif konstan untuk laju alir yang sama, sehingga akan menghasilkan laju alir produksi yang lebih akurat dibandingkan dengan periode lainnya. adapun metode pembuatan IPR - Vogel sebagai berikut :

1. Produksikan sumur selama mungkin sampai mencapai periode *pseudo steady state* biasanya 1-2 minggu tergantung permeabilitas batuanannya.
2. Lakukan pengukuran tekanan dasar alir sumur (P_{wf}) umumnya selama 3 jam.
3. Selama pengukuran tersebut laju produksi sumur baik minyak, gas maupun air (Q_{total}) di ukur.
4. Lakukan pengukuran tekanan statik reservoir (P) dengan menutup sumur selama 12–48 jam, biasanya menggunakan *Amerada Bomb* yang dihantar dengan *slickline*.
5. P_{wf} , Q_{total} dan P yang diperoleh dimasukkan ke persamaan (1) untuk mendapatkan Q_{maks} .
6. Buatlah tabel hubungan antara P_{wf} dan Q_{total} , dan buatlah grafik hubungan tersebut pada skala kartesian.

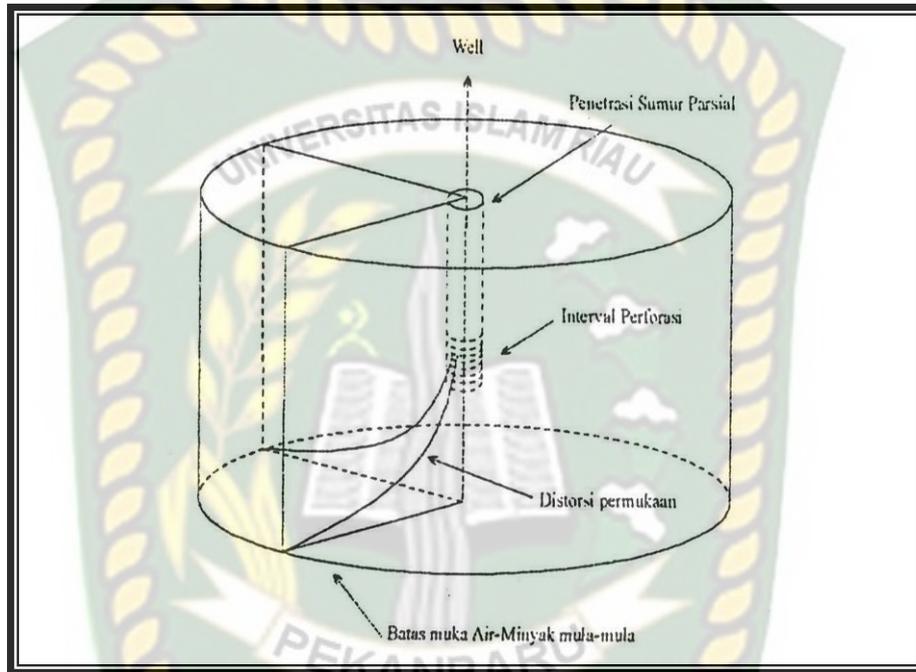
2.2 KONSEP DASAR WATER CONING

Pada dasarnya air merupakan tenaga pendorong fluida minyak dari formasi produktif kedasar lubang sumur, maka air selalu berusaha mendesak fluida minyak kedasar lubang sumur, sehingga memungkinkan air mengalir masuk kedalam zona minyak dengan memotong arah aliran.

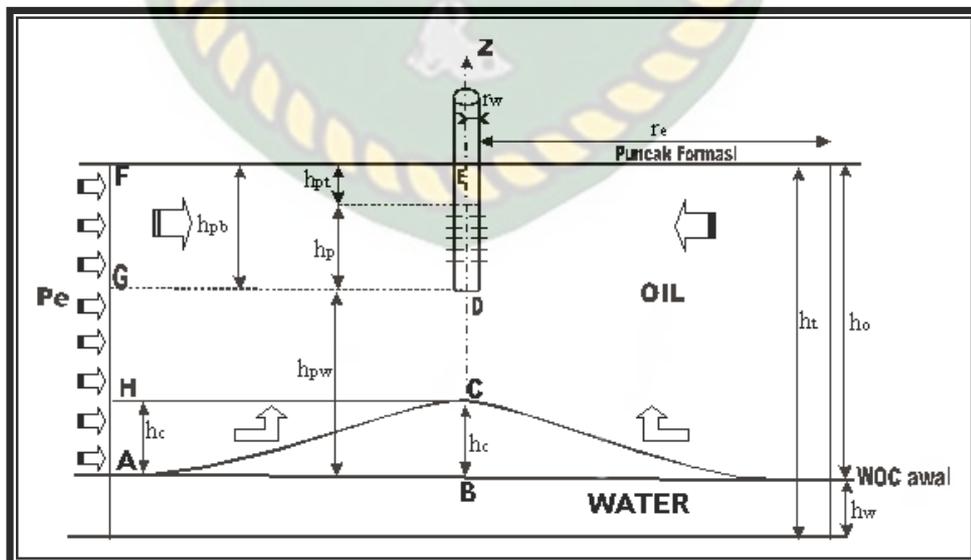
Hal ini dapat terjadi mungkin akibat laju produksi dari suatu sumur tersebut melebihi laju produksi kritis, yaitu batas laju produksi yang bilamana dilampaui akan menyebabkan masuknya air kedalam sumur produksi. Hal lain mungkin juga karena posisi dasar perforasi terlalu dekat dengan Batas Air-Minyak (BMA).

Water coning adalah pergerakan air secara vertikal dengan melewati batas air-minyak menuju atau masuk kedalam perforasi. Hal ini dapat terjadi akibat gradien tekanan alir yang bekerja pada suatu sumur relatif lebih besar *jika* dibandingkan dengan gradien gravitasi fluidanya, sehingga batas minyak-air akan naik kelubang perforasi sampai batas tertentu (Dake, L.P 1978).

Keadaan ini berhubungan dengan besarnya laju produksi yang diperoleh, dimana laju produksi yang tinggi akan berpengaruh terhadap besarnya tekanan alir minyak ke lubang sumur dan selanjutnya akan menyebabkan kesetimbangan antara tekanan alir dan gaya gravitasi antar fluidanya menjadi tidak stabil dan dapat membentuk bangun kerucut, sehingga air akan lebih mudah mengalir kedalam lubang bor, seperti terlihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2. *Water Coning* (Allen, T.O., and Robert, A.P,1982)



Gambar 2.3. Istilah Dalam *water Coning*.(Muskat, Morris, 1946)

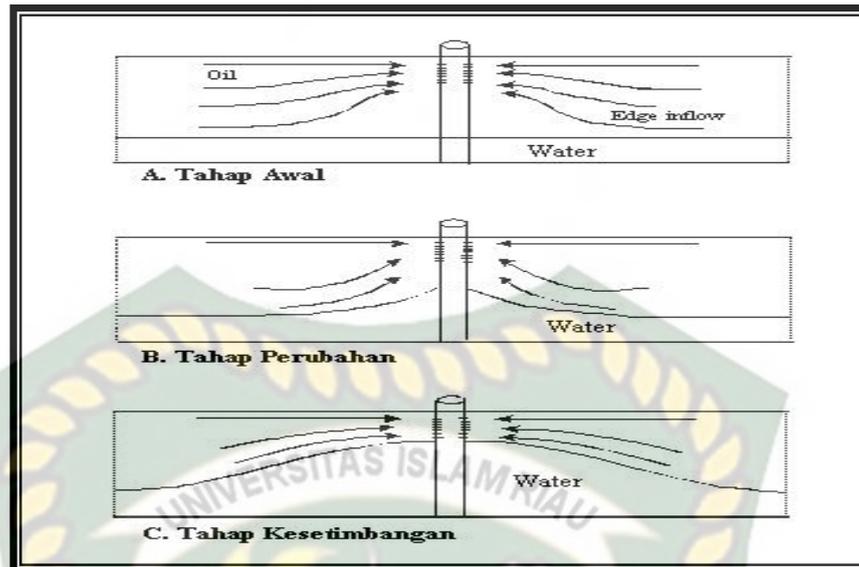
Keterangan Gambar 2.3.

- h_c = Tinggi kerucut air dari BMA mula-mula
- h_o = Tinggi kolom minyak atau ketebalan lapisan minyak
- h_p = Tinggi perforasi
- h_{pb} = Jarak perforasi terbawah dengan puncak perforasi formasi
- h_{pt} = Jarak perforasi teratas dari puncak formasi
- h_{pw} = Jarak perforasi terbawah dari BMA mula-mula
- h_t = Tinggi kolom minyak ditambah tinggi kolom air
- h_w = Tinggi kolom air
- P_e = Tekanan reservoir
- r_e = Jari-jari reservoir
- r_w = Jari-jari sumur

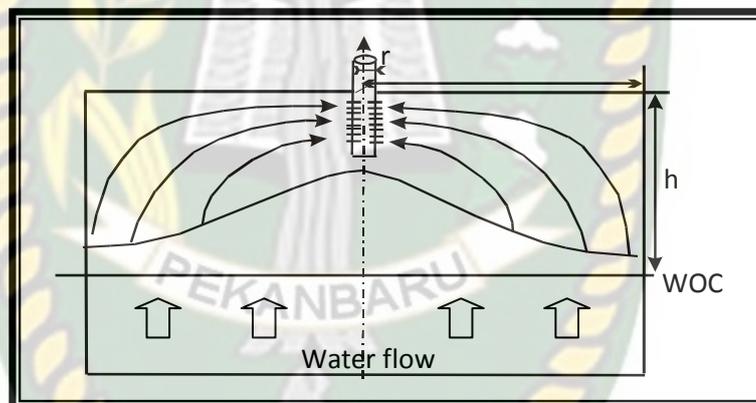
Sedangkan Gambar 2.4. memperlihatkan bahwa masuknya air untuk menggantikan kedudukan minyak akibat diproduksi adalah merupakan kejadian normal pada reservoir dengan mekanisme pendorong air. Adapun kecepatan masuknya air kedalam lubang sumur dipengaruhi oleh :

- a. Perbedaan tekanan aliran di lubang sumur (P_{wf}) dengan tekanan statis (P_s) pada batas air minyak
- b. Luasnya *aquifer*
- c. Macam reservoir minyak yang memungkinkan masuknya air ke dalam lubang sumur
- d. Permeabilitas reservoir dan permeabilitas *aquifer*
- e. Penyebab daya dorong tersebut *edge water* atau *bottom water*

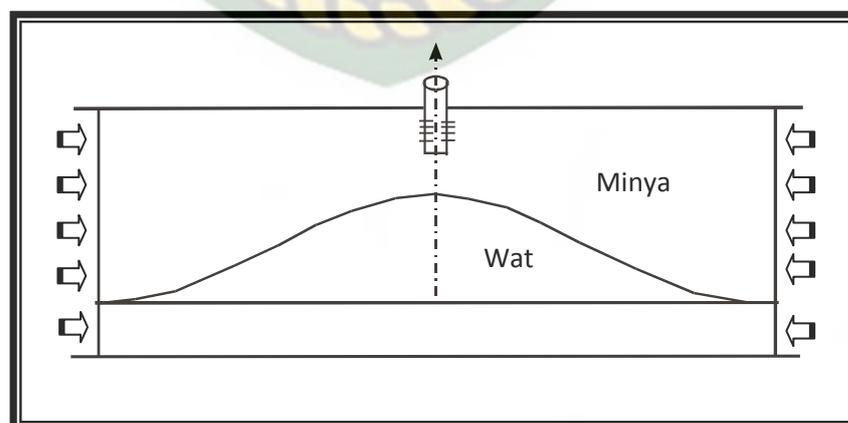
Agar tidak terjadi problem *water coning* di dasar lubang sumur, maka pengurusan terhadap reservoir harus diatur sedemikian rupa sehingga perbedaan tekanan aliran antara *reservoir* dengan sumur lebih kecil dari tekanan yang disebabkan oleh perbedaan densitas minyak dan air. Untuk mengatasi hal ini, yaitu dengan memproduksi sumur yang tidak melebihi *rate* produksi maksimumnya dan juga mengatur perbedaan tekanan aliran antara *reservoir* dengan sumur agar tidak terlalu tinggi.



Gambar 2.4. Perkembangan *Cone* Dalam *Reservoir* Minyak Dengan Mekanisme Pendorong Air (Muskat, Morris, 1946)



Gambar 2.5. *Water Coning* Dalam *Bottom Water Drive Reservoir* (Muskat, Morris, 1946)



Gambar 2.6. Mekanisme Pendorong Edge In Flow. (Muskat, Morris, 1946)

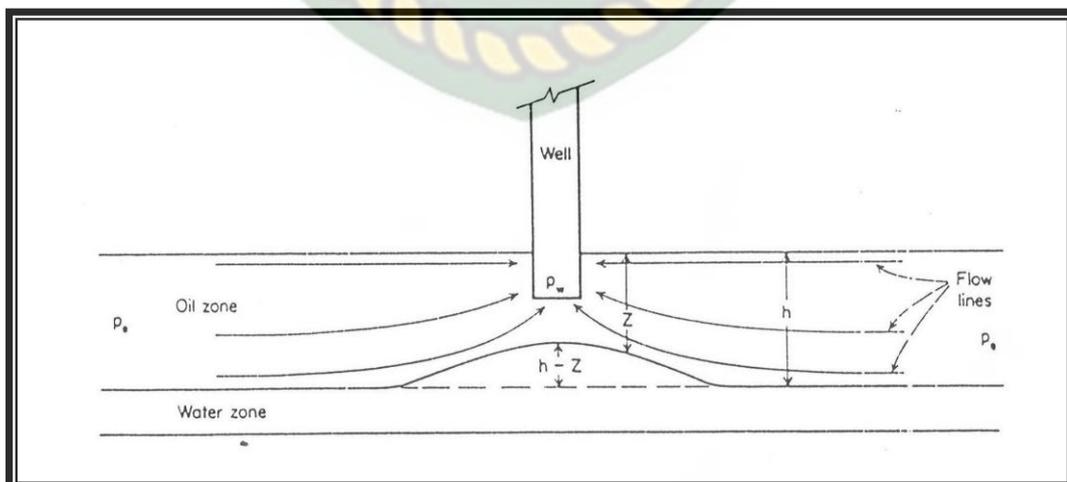
Menurut (Kermit Brown K.E 1980) pada keadaan awal ketika sumur diproduksi dengan laju produksi konstan, gradien tekanan awal di daerah pengurasan konstan dan gradien tekanan alir lebih kecil dibandingkan gaya gravitasi, maka cone di dalam *reservoir* akan selalu stabil. Ketika gradien tekanan alir menjadi lebih besar dan melebihi gaya gravitasi fluidanya, maka air dan gas *cone* yang tidak stabil dan terus naik menuju lubang sumur. *Cone* yang tidak stabil ini akan terjadi akibat adanya ketidak-setimbangan antara gravitasi dengan tekanan alir fluida yang disebabkan oleh perbedaan berat jenis fluida.

Bilamana tekanan alir lebih besar daripada besarnya gaya gravitasi maka air akan membentuk kerucut (*cone*). Semakin besar gradiennya, akan semakin tinggi kerucut yang terbentuk, dan sebaliknya jika gradien dari keduanya kecil maka kerucut yang terbentuk akan rendah.

Pada Gambar 2.7. memperlihatkan kondisi kerucut pada saat stabil, dimana P_e adalah tekanan reservoir dan P_w adalah tekanan sumur produksi, ρ_o dan ρ_w adalah densitas minyak dan air, h adalah ketebalan zona minyak dari sumur, g adalah percepatan gravitasi, serta Z adalah tinggi *cone* ($h-Z$)

Kondisi kerucut yang stabil seperti terlihat pada Gambar 2.7 kondisi ini dapat tercapai, apabila :

- Sumur diproduksi pada laju produksi konstan
- Gradien tekanan alir lebih kecil daripada gaya gravitasi antar fluidanya.
- Gradien tekanan pada daerah pengurasan konstan.



Gambar 2.7. *Cone* Dalam Kondisi Stabil (Kermit Brown K.E , 1980)

2.2.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi *Water Coning*

Perilaku *coning* di dalam sumur dapat dipengaruhi oleh beberapa parameter yang dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. *Parameter Geometris* :
 - a. Jari-jari sumur
 - b. Jari-jari pengurasan
 - c. Ketebalan total *reservoir*
 - d. Panjang interval perforasi
 - e. Posisi interval perforasi
2. *Parameter Petrofisik* :
 - a. Porositas
 - b. Perneabilitas horizontal
 - c. Permeabilitas vertikal
 - d. Tekanan kapiler
3. *Kondisi Batas* :
 - a. Jenis mekanisme pendesakan
 - 1) Pendesakan atas atau bawah
 - 2) Pendesakan lateral, *axi-symmetrical feed(coning)*
 - 3) Pendesakan lateral, *asymmetrical feed(coning)*
 - 4) Tidak ada pendesakan
 - b. Cara produksi
 - 1) Laju alir konstan
 - 2) Tekanan konstan
 - c. Macam produksi
 - 1) Produksi satu fasa
 - 2) Produksi dua atau tiga fasa

Dari semua parameter diatas, hanya 5 yang dapat dikendalikan, yaitu :

- a. Jari-jari sumur
- b. Radius pengurasan
- c. Interval Perforasi
- d. Cara Produksi
- e. Macam Produksi

2.2.2 Gejala di Permukaan *Water Coning*

Terjadinya *water coning* pada suatu sumur minyak dapat dikenali dipermukaan dengan mengamati *water cut* pada data produksi sumur yang bersangkutan. Kenaikan *water cut* yang secara mendadak dapat terjadi jika zona transisi antara minyak – air dan mobilitas air pada arah aliran (*vertical*) jauh lebih besar daripada mobilitas fluida di atasnya.

Kemungkinan untuk memastikan apakah kenaikan *water-cut* benar-benar disebabkan oleh *coning*, perlu dilihat kedalaman *statik water level* nya dan posisi sumur terhadap *water level*. Jika *water level* belum mencapai dasar perforasi atau dasar perforasi suatu sumur diatas *water level*nya, ini berarti kenaikan *water cut* disebabkan oleh *water coning*.

2.2.3 Usaha Penanggulangan *Coning*

Masalah *Water Coning* sering terjadi pada sumur yang mempunyai mekanisme pendorong air yang kuat sehingga mengakibatkan produksi minyak tidak optimal. Dalam mengatasi hal tersebut antara lain dengan menurunkan laju produksi, *Infill drilling*, *Recompletion*, *Stop Cocking*, *Artificial Barrier*.

2.3 PENENTUAN LAJU PRODUKSI LAJU KRITIS MINYAK BEBAS WATER CONING

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. Masuknya air kedalam lubang sumur akan menurunkan laju produksi minyak, sehingga laju produksi minyak harus ditentukan seoptimum mungkin tanpa mengakibatkan terjadinya *Water Coning*.

Laju produksi kritis adalah laju produksi minyak maksimum yang diijinkan pada suatu sumur tanpa terproduksinya air ataupun gas masuk kedalam zona produksi minyak. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan laju kritis yang dimaksudkan untuk mengetahui pada laju produksi berapa sumur tidak mengalami problem *Water Coning*.

Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya laju produksi kritis *water coning* pada sumur minyak, antara lain :

- a. Sifat fisik batuan dan fluidanya
- b. Ketebalan zona minyak
- c. Perbedaan densitas air-minyak
- d. 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 :

$$PLPM = \frac{q_{aktual}}{q_{kritis}} \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

PLPM = Perbandingan laju produksi minyak

q_{aktual} = Laju produksi minyak sebenarnya di lapangan, BOPD

q_{kritis} = Laju produksi kritis bebas *water coning*, BOPD

Apabila sumur kajian $PLPM > 1$, maka sumur tersebut telah mengalami *water coning*. Ada beberapa metode yang digunakan untuk menentukan laju produksi kritis bebas *water coning*, diantaranya adalah Metode *Chiericci*.

2.3.1 Metode *Chiericci*

Metode *Chiericci* menggunakan metode *potentiometric* 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.

Adapun anggapan-anggapan yang dipakai dalam perhitungan laju produksi kritis dengan metode *Chiericci* ini adalah :

- a. Batuan *reservoir* homogen dan *anisotropik*
- b. Volume *aquifer* terbatas
- c. Gas-cap berkembang dengan kecepatan yang relatif kecil atau produksinya semi statik
- d. Pengaruh tekanan kapiler diabaikan

e. Fluida *incompressible*

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, morris, 1946)

$$q_{ocw} = 0.003073 \left(h^2 \frac{\Delta\rho_{ow} k_h}{B_o \mu_o} \right) \psi(r_{DE}, fb, h_{cw} / h) \dots \dots \dots (3)$$

$$q_{ocg} = 0.003073 \left(h^2 \frac{\Delta\rho_{og} k_h}{B_o \mu_o} \right) \psi(r_{DE}, fb, h_{cw} / h) \dots \dots \dots (4)$$

dimana :

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

q_{ocg} = 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

k_v = Permeabilitas vertikal, cp

$$r_{DE} = \frac{r_e}{h} \sqrt{\frac{k_h}{k_v}} \dots \dots \dots (5)$$

r_e = Jari-jari pengurasan, ft

fb = Fraksi dari total kolom minyak

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

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

B_o = Faktor volume formasi minyakdi 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 ketidaksamaan $q_o < q_{ow}$ 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 (10), kemudian dipilih garfik 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 (8), maka besarnya q_{ow} dapat ditentukan.

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

$$\psi_w = EXP \left[A + B \ln \left(\frac{h_{cw}}{h} \right) \right] \dots\dots\dots (6)$$

dimana :

$$A = C + D [EXP.(-fb)] \dots\dots\dots (7)$$

$$B = E + F \sqrt{fb} \dots\dots\dots (8)$$

dan :

$$C = - 0.31253676 - 0.32957799 (\ln r_{DE}) \dots\dots\dots (9)$$

$$D = - 1.17760395 - 0.19623644 (\ln r_{DE}) \dots\dots\dots (10)$$

$$E = - 1.409514123 - 0.0029341 (\sqrt{r_{DE}})(\ln r_{DE}) \dots\dots\dots (11)$$

$$F = - 0.50297452 + 0.826966176 (\ln r_{DE} / r_{DE}) \dots\dots\dots (12)$$

2.3.2 Metode Craft & Hawkins

Craft and Hawkins mengadakan penelitian dengan menggunakan electric model dan mendapatkan pendekatan perhitungan laju produksi yang dirumuskan menurut (Craft, B.C and Hawkins MF,1960) sebagai berikut :

$$q_o = \frac{0.00708 k_o h (P_s - P_{wf})}{\mu_o B_o \ln \left(\frac{r_e}{r_w} \right)} \times PR \dots\dots\dots (13)$$

dan

$$PR = b \left[1 + 7 \sqrt{\frac{r_w}{2bh}} \cos(b \times 90^\circ) \right] \dots\dots\dots (14)$$

dimana :

- PR = *Productivity ratio*, tanpa dimensi
 - k_o = Permeabilitas efektif minyak, md
 - B_o = Factor volume formasi minyak, bbl/STB
 - μ_o = Viscositas minyak, cp
 - h = Ketebalan lapisan produktif, ft
 - b = Fraksi penetrasi
- $$b = \frac{\text{interval perforasi}}{\text{ketebalan lapisan produktif}} \dots\dots\dots (15)$$
- r_e = Radius pengurasan, ft
 - r_w = Radius sumur, ft

Tekanan *drawdown* maksimum pada laju kritis dapat didekati dengan persamaan :

$$\Delta P_{maks} = 0.433 (\rho_w - \rho_o) \Delta h_{maks} \dots\dots\dots (16)$$

dimana :

Δh_{maks} = jarak vertical antaraperforasiterbawah dan BMA mula-mula

Metode *Craft and Hawkins* ini digunakan untuk menentukan potensi sumur bebas *coning*.

2.3.3 Penentuan Interval Perforasi Optimum

Tujuan dari perhitungan ini untuk mengetahui jarak batas minyak-air (BMA) dengan dasar perforasi, serta interval perforasi yang dapat memberikan laju produksi kritis optimum, sehingga diharapkan dapat mencegah *water coning*. (Locke, S, 1981) Adapun langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan data-data penunjang yang diperlukan :
 - a. Tebal zona minyak (h), ft
 - b. Permeabilitas efektif minyak arah vertikal dan horisontal (k_h dan k_v), md
 - c. Jari-jari sumur dan jari-jari pengurasan (r_w , r_e), ft
 - d. Viscositas minyak (μ_o), cp
 - e. Densitas minyak dan air (ρ_o , ρ_w), gr/cc
 - f. Faktor volume formasi minyak (B_o), bbl/SCF
2. Misalkan harga interval perforasi
3. Mencari harga r_{DE} dengan menggunakan persamaan (5)
4. Mencari farksi interval perforasi terhadap ketebalan lapisan produktif (fb), yaitu :

$$fb = \frac{Hp}{h} \text{ dan } h_{cw} = h - Hp \dots\dots\dots (17)$$

dimana :

- Hp = Panjang interval perforasi, ft
 H = Ketebalan lapisan minyak, ft

5. Mencari selisih densitas, yaitu :

$$\Delta\rho_{wo} = \rho_w - \rho_o \dots\dots\dots (18)$$
6. Mencari harga ψ fungsi (r_{De} , fb , h_{cw}/h) dari Persamaan (6)
7. Kemudian mencari harga laju produksi kritis minyak menurut metode *Chiericci*, dengan menggunakan Persamaan (19)

$$q_{ocw} = 0.003073 \left(h^2 \frac{\Delta\rho_{ow} k_h}{B_o \mu_o} \right) \psi(r_{DE}, fb, h_{cw}/h) \dots\dots\dots (19)$$

8. Ulangi perhitungan dari langkah 2 untuk berbagai harga interval perforasi sehingga didapatkan laju produksi kritis (q_{kritis}) yang optimum.

2.4 PERKIRAAN WAKTU TERJADINYA CONING (BREAK TROUGH)

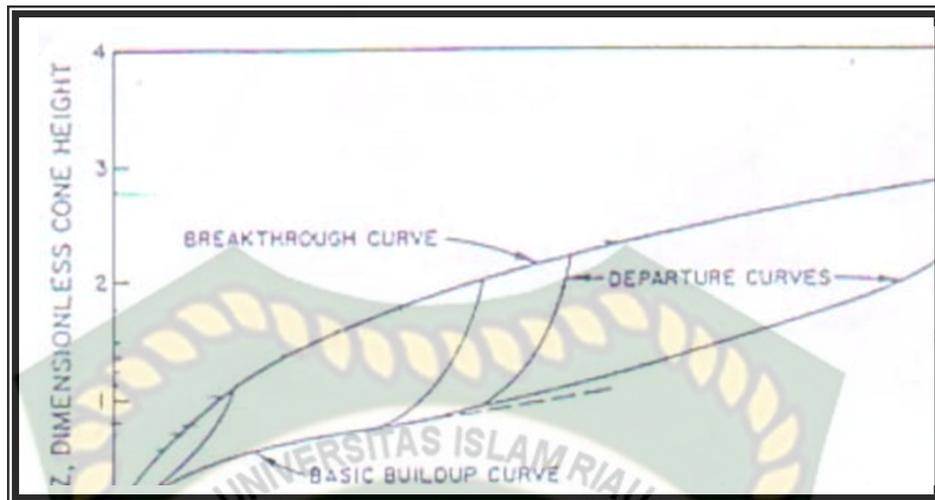
Sumur yang diproduksi diatas laju kritisnya dapat menyebabkan terjadinya *coning*. Pada kedua metode diatas hanya untuk menentukan laju produksi kritis sumur, sedangkan perkiraan kapan terjadinya *breakthrough* tidak diketahui. Untuk mengetahui perkiraan terjadinya *breakthrough* dapat digunakan metode *Sobocinski* dan *Cornelius* (Muskat, Morris, 1946)

2.4.1 Metode Sobocinski dan Cornelius

Metode ini tidak seperti pada metode yang terdahulu, (Muskat, Morris, 1946) Menyatakan dimana hanya diperuntukkan bagi penentuan laju alir kritis, namun ditekankan untuk menentukan waktu yang diperlukan tercapainya *cone* hingga lubang sumur atau waktu terjadinya *breakthrough*. Pada metode diatas tidak membicarakan berkembangnya *cone*. Sebelum *cone* mencapai ketinggian kritis, sumur diproduksi diatas laju kritisnya.

Sebuah kondisi dari metode tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan waktu kelakukan *cone* dari *static water oil contact* (WOC). Korelasi tersebut didasarkan pada model sand packed dan model sistem komputer pada fluida *incompressible* termasuk juga sifati-sifat fluida serta *dimensionless* group lainnya. Sedangkan asumsi-asumsi yang membatasi penggunaan korelasi tersebut antara lain :

1. Reservoir homogen, sistem *incompressible*, tidak ada gas cap dan diproduksi pada laju konstan
2. Gaya gravitasi, viscositas dan perbandingan permeabilitas horizontal dan vertical digunakan. Tekanan kapiler dan geometri aliran diabaikan.
3. Sistem ketinggian vertical merupakan ketinggian zona minyak
4. *Water Oil Contact* (WOC) konstan



Gambar 2.8. *Dimensionless Cone Height (Z) Vs Dimensionless Time (t_D)*
(Brown, K.E., and Beggs, H. D.,1980)

Metode korelasi Z dan t_D digunakan dalam memperkirakan waktu berkembangnya *cone* dan berapa lama sumur akan memproduksi air dalam bentuk *coning*. Dalam memperkirakan kelakuan *cone* prosedurnya adalah sebagai berikut :

1. Gunakan persamaan :

$$Z = \frac{0.00307(\rho_w - \rho_o)K_H h h_c}{\mu_o B_o q_o} \dots \dots \dots (20)$$

dimana :

h = Ketebalan lapisan minyak, ft

h_c = Jarak antara WOC dengan *bottom* perforasi, ft

2. Tentukan *dimensionless time* t_D dari harga Z dengan Gambar (2.8)
3. Tentukan waktu (t) yang diperlukan *cone* untuk mencapai lubang sumur dengan persamaan :

$$t = \frac{t_D \mu_o \phi h (\eta k)}{0,00307 (\rho_w - \rho_o)k_H (1 + M^\alpha)} \dots \dots \dots (21)$$

dimana :

Φ = Porositas, fraksi

ηk = Perbandingan permeabilitas vertical dan horizontal

M = Perbandingan mobilitas minyak – air

$$= \frac{\left(\frac{k_w}{\mu_w} \right)}{\left(\frac{k_o}{\mu_o} \right)} \dots\dots\dots (22)$$

(k_w) = Permeabilitas air pada minyak sisa

$(k_o)_{wi}$ = Permeabilitas minyak pada *water connate*

α = 0.5 untuk $M < 1$

= 0.6 untuk $1 < M < 1$

2.5 WATER CONFORMANCE

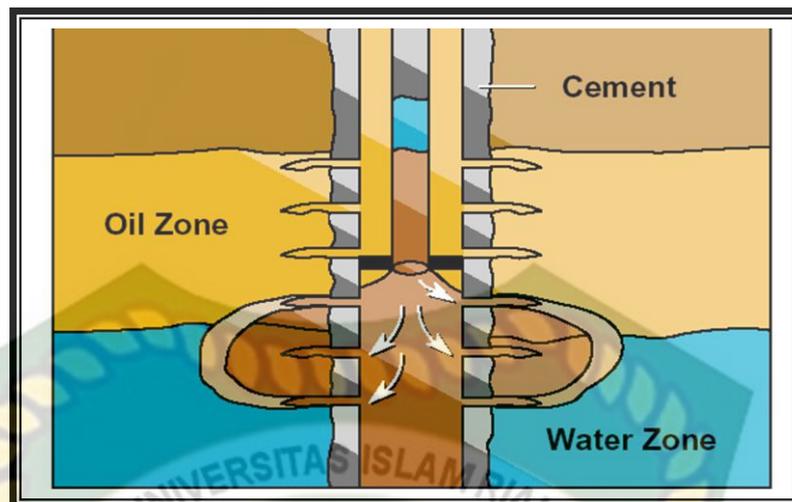
Water Conformance adalah suatu cara yang dipergunakan untuk mencegah terjadinya penerobosan air masuk ke zona minyak dan meningkatkan laju produktivitas minyak. Pekerjaan ini hanya untuk memompakan fluida ke formasi secara matrix. Fluida tersebut adakah *Injectrol* yang mempunyai viscositas 1.2 cp dimana pada temperatur tertentu akan menjadi Gel permanen.

Gel yang tersebut diharapkan dapat menghalangi, memblokade atau menyumbat lapisan air sehingga air yang terproduksi berkurang atau hilang sama sekali. *Injectrol* tersebut dapat digunakan homogen atau dengan semen di “tail”nya. Waktu dimana *Injectrol* tersebut akan menjadi gel dapat diatur dari beberapa menit sampai beberapa jam dengan batasan 60 °F sampai 300 °F(Thomas, Brent, 2004).

Ada beberapa metode yang digunakan dalam penempatan *Injectrol* di dalam formasi antara lain :

1. *BullHead Placement Technique*

Ada beberapa formasi dimana pekerjaan *Water Conformance* ini berhasil diatasi dengan cara “*Bullhead*” tetapi akan lebih efektif apabila zona air terisolasi.

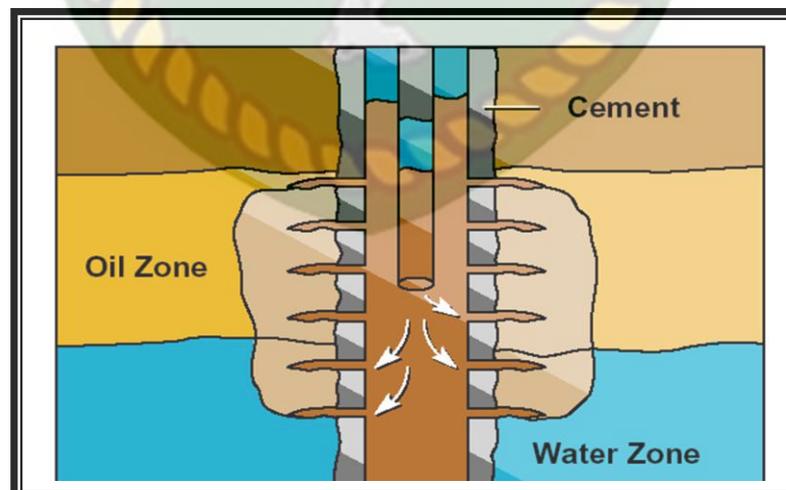


Gambar 2.9.Metode *Bullhead*
(File BOB PT.BSP-PERTAMINA HULU,2016)

Pada Gambar 2.9 dapat dijelaskan bagaimana metode “*Bullhead*” tidak efektif tanpa mengontrol zona yang akan diisolasi, sehingga zona minyak dapat terisolasi sama seperti zona minyak.

2. *Mechanical Packer Placement Technique*

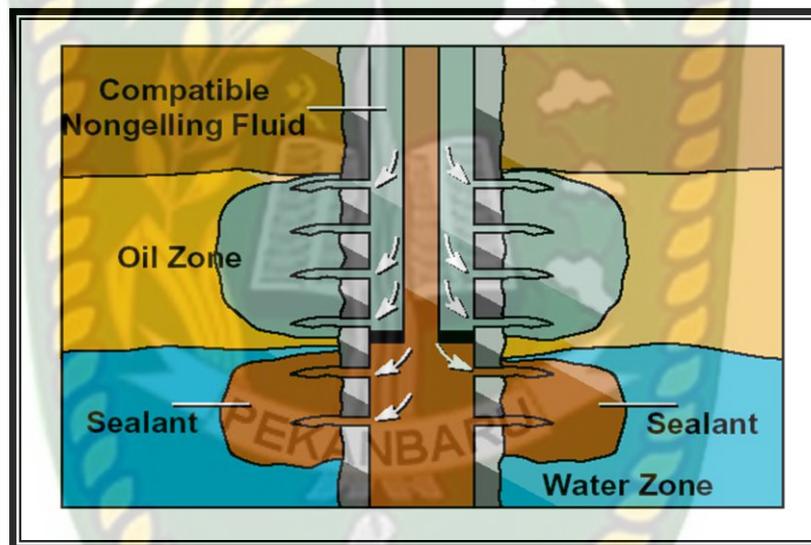
Metode dengan menggunakan *Mechanical Packer* ini menggunakan *packer* untuk mengisolasi bagian yang akan kita inginkan. Metode ini dapat mengontrol *zone* yang akan diisolasi (Gambar 2.10.).



Gambar 2.10.Metode *Mechanical Packer*
(File BOB PT.BSP-PERTAMINA HULU,2016)

3. Metode Dual Injection

Metode *Dual Injection* adalah yang paling sering digunakan. EZSV, *Bridge Plug* dapat digunakan untuk meng"cover" perforasi di atas *zone* yang akan diblokade. Metode ini sangat efisien dalam mengontrol penempatan fluida. *Zone* minyak dapat diproteksi dengan memompakan fluida lewat annulus yang kompatibel dengan formasi tersebut (lebih baik oleh fluida dari sumur tersebut). Fluida isolasi dan fluida proteksi yang lewat annulus dipompakan secara bersama-sama dengan harapan fluida isolasi tidak masuk ke area *zone* minyak. Dari Gambar 2.11 dapat dilihat bagaimana *Injectrol* masuk kedalam formasi.

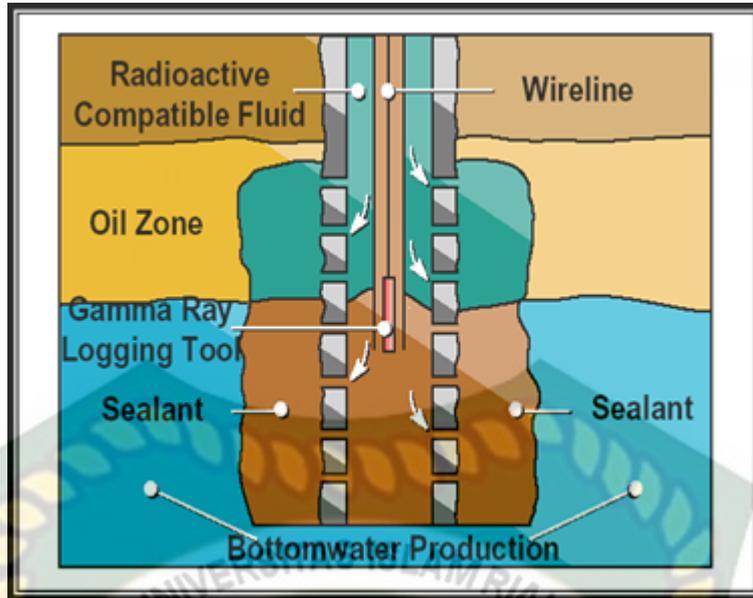


Gambar 2.11. Metode *Dual Injection*

(File BOB PT.BSP-PERTAMINA HULU,2016)

4. Metode Isoflow

Metode ini dapat langsung memompakan dan mengarahkan fluida isolasi ke selang perforasi yang diinginkan bersamaan dengan pemompaan fluida (*radioactive compatible fluid*) ke *zone* minyak untuk memproteksi *zone* tersebut (Gambar 2.12.).



Gambar 2.12.Metode *Isoflow*
(File BOB PT.BSP-PERTAMINA HULU,2016)

2.5.1 Perhitungan *Water Conformance*

Sebelum dilaksanakannya *Water Conformance* terlebih dahulu melakukan perhitungan jumlah fluida yang akan di injeksikan, laju penetrasi penembusan fluida, perhitungan volume fluida pada lubang perforasi, perhitungan volume fluida *Injectrol* di dalam formasi dan perhitungan *rate* pemompaan(Thomas, Brent, 2004).

Perhitungan *treatment* volume fluida *Injectrol* dalam lubang sumur ini dimaksudkan untuk menghitung volume fluida *Injectrol* yang akan diinjeksikan.

1. Tubing Volume Factor = $0.0009714 \times \text{Tubing ID}^2$ (23)

2. Casing volume Faktor = $0.0009714 \times \text{casing ID}^2$ (24)

3. Tubing Volume = EZSV x Tubing Vol. Factor (25)

4. Casing Vol. Top Perf. = (Top Perf. – EZSV) x
Casing vol factor (26)

5. Casing Vol. Bott. Perf. = (Bott. Perf – Top Perf.) x
Cas. Vol. Fact (27)

6. Total Volume = Tubing Vol. + Casing. Vol Top Per +
Casing Vol. Bott. Perf. (28)

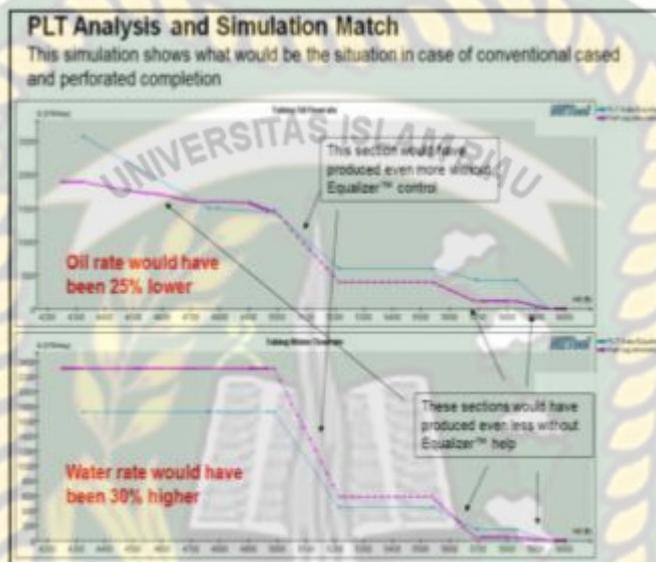
2.5.2 Pelaksanaan *Water Conformance*

Berikut ini adalah prosedur pelaksanaan *Job Conformance* sebelum proses penginjeksian dan pemompaan :

1. Tempatkan seluruh peralatan di lapangan dan rangkaikan seluruh peralatan sehingga memungkinkan untuk pelaksanaan pencampuran dan pemompaan tanpa harus melepas/memperbaiki selama proses pengujian.
2. Pastikan bahwa seluruh tanki, selang pompa dalam keadaan bersih.
3. Sebelum pelaksanaan pekerjaan *Water Conformance* dipastikan untuk membersihkan seluruh rangkaian dengan menggunakan acid, dan semua fluida yang akan diinjeksikan harus difilter dengan menggunakan filter 2 *micron* sebelum dipompakan kedalam sumur.
4. Proses pengujian alir dilakukan sebelum pekerjaan *Water Conformance* dimulai. Proses pengujian alir ini dilakukan dengan melalui pengisian lubang sumur dengan menggunakan air tawar dengan laju pemompaan yang telah ditentukan. Jika tidak dapat melakukan pengujian alir, maka dilakukan pengasaman dengan volume yang sedikit untuk melakukan pengujian alir. Berdasarkan pengujian alir maka dilakukan penyesuaian pada rencana kerja dan pencampuran bahan kimia yang akan diinjeksikan.
5. Proses pekerjaan *Water Conformance* dimulai dengan memompakan air tawar sebagai fluida pendahulu dengan laju pemompaan yang telah ditentukan hasil dari proses pengujian alir (tergantung respon dari formasinya) kedalam sumur untuk selanjutnya diikuti dengan pemompaan cairan *injectrol* IT dilanjutkan dengan *injectrol* G dengan laju penekanan yang sama. Setelah itu dilanjutkan dengan pemompaan bubuk semen dengan terlebih dahulu memompakan air spacer (sebagai pembilas), setelah semua fluida pendorong dipompakan terdapat kenaikan tekanan pada tubing yang dapat berfungsi sebagai penahan tekanan di formasi. Hentikan laju pemompaan dan lakukan proses pemadatan dengan penekanan secara bertahap sampai semen mencapai formasi.
6. Lakukan *test* produksi.

2.6 PENELITIAN TERDAHULU

(K.S. Chen. 2012). Pada penelitian ini, menyimpulkan bahwa *volume gel* yang besar yang terdapat pada sumur injeksi dapat menyebabkan meningkatnya *rate oil* atau mengurangi *rate oil* pada sumur produksi. Disini terdapat beberapa observasi dan rekomendasi dalam menggunakan *water conformance*.



Gambar 2.6 PLT Analysis

(Syed Zubair Gailani, 2015). Dalam penelitiannya, disini jelas terlihat dari gambar 2.6 sejarah skenario simulasi dan produksi pada gambar ini dengan menggunakan *water conformance* jelas lebih baik dari pada dengan menggunakan cara kompleksi konvensional. Analisa ini mengindikasikan zona dapat memproduksi lebih baik dan juga memiliki laju alir yang cepat. Laju alir air dapat mencapai 30% lebih tinggi dan laju alir minyak 25% lebih rendah. Sumur ini menjadi ideal untuk perencanaan dalam pengembangan sumur dengan aliran alami.

(Steven Hunter, 2000). Metode *water conformance* pada penelitian ini dideskripsikan dapat memotong *water cut* dari 75% menjadi 0%. Produksi minyak meningkat dari 100 BOPD menjadi 600 BOPD. Treatment ini dapat membuat hasil yang sangat besar pada *recover reserve* yang terdapat pada sumur. Residual yang minim pada produksi air pada bagian *cone* mengindikasikan sukses dan akurat nya analisis *water conformance*. Secara keseluruhan treatment ini

mengharuskan lapangan produksi yang tepat, evaluasi perjob yang akurat, serta mengikuti prosedur yang benar, polimer treatment ini bisa di gunakan secara efektif dengan mengurangi produksi air dan meningkatkan minyak dan gas produksi. Walau bagaimanapun selama hasilnya positif, testing yang benar untuk memfalisasi keefektifan dan ke ekonomian dari conformance treatmen.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di BOB PT.BSP-PERTAMINA HULU dengan mengumpulkan data-data yang sumur seperti laju alir kritis minyak bebas *water coning* dengan metode yang di gunakan yaitu *Chiericci dan Craft & Hawkins* berhubungan dengan data produksi sumur dari tahun 2004 sampai dengan 2017, data *well completion*, dan data reservoir. Metode penelitian yang digunakan adalah *field research* atau penelitian ini menggunakan data dari lapangan minyak dan sumber sumber terpercaya seperti jurnal, papper dan lain-lain. Data yang digunakan adalah data sekunder yang diberikan oleh pembimbing lapangan, pendapat pakar, prinsip dan teori dari literatur yang terjamin, buku pegangan pelajaran teknik perminyakan, jurnal yang relevan dan diskusi dengan dosen pembimbing yang membawa kepada kesimpulan yang merupakan tujuan dari penelitian.

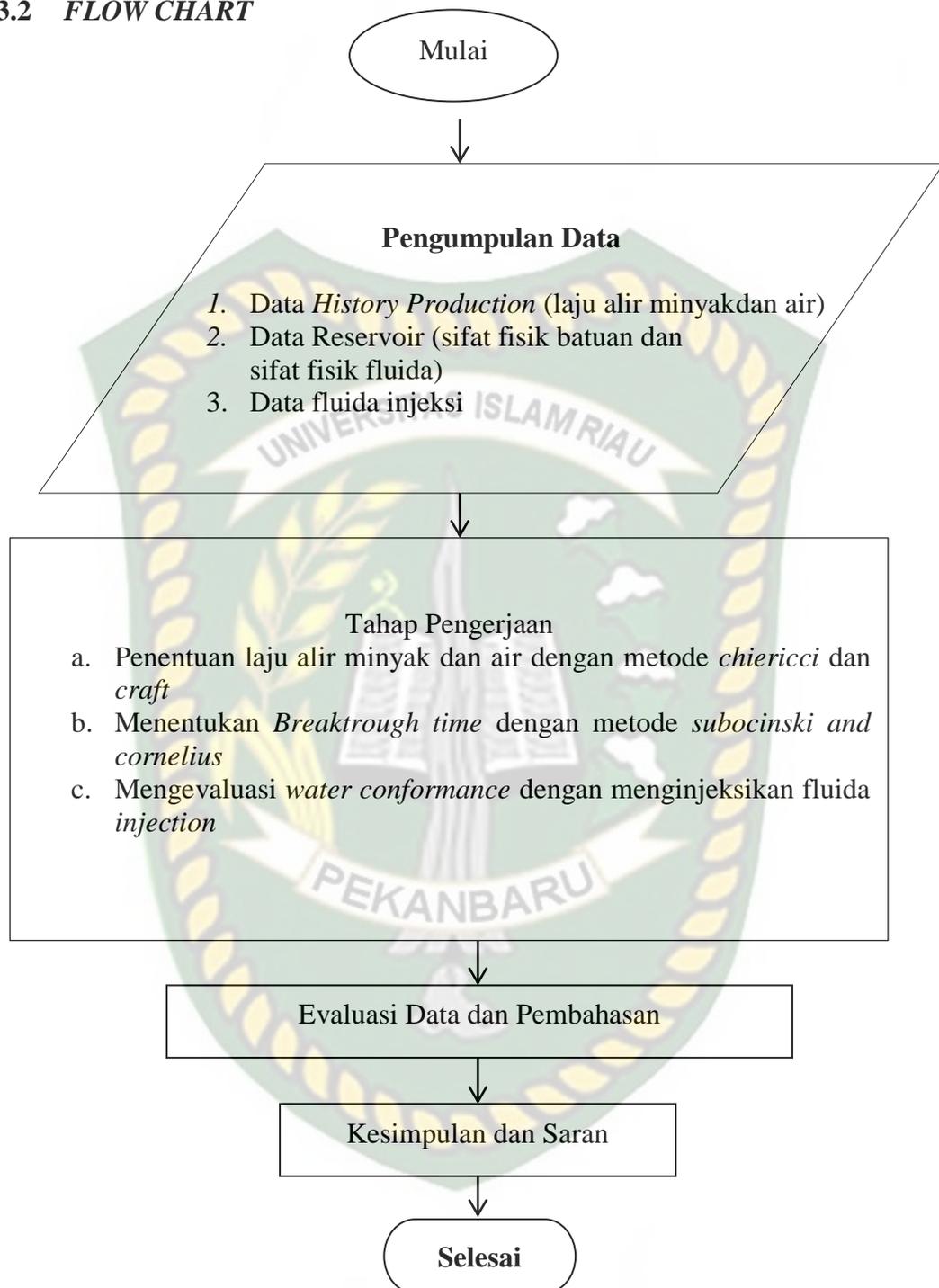
3.1 LOKASI DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Lapangan STF BOB PT.BSP-PERTAMINA HULU. Penelitian ini dilaksanakan selama satu bulan, yaitu bulan Maret 2020. Dengan rincian pelaksanaan sebagai berikut.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian Tugas Akhir

No	Kegiatan	Maret			
		Minggu			
		1	2	3	4
1.	Studi Literatur				
2.	Persiapan Bahan				
3.	Penelitian di Lapangan				
4.	Analisis Hasil Perhitungan				
5.	Pembahasan dan Kesimpulan				

3.2 FLOW CHART



Gambar 3.1 Diagram Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Dalam bab ini akan dilakukan evaluasi problem *Water Coning* dan juga penanggulangannya dengan menghitung laju alir kritis minyak bebas *water coning* dan dengan *Water Conformance* pada sumur kajian, yaitu sumur IDR yang terdapat di lapangan STF BOB PT.BSP-PERTAMINA HULU. Evaluasi dilakukan untuk mengetahui apakah sumur tersebut telah terjadi masalah *Water Coning* atau tidak, yaitu dengan menghitung besarnya laju alir kritis minyak tanpa terjadi *Water Coning* pada sumur tersebut yang kemudian dibandingkan dengan laju produksi aktualnya serta pencegahannya dengan menggunakan metode *Water Conformance* .

Water Coning terjadi apabila laju produksi aktual sumur tersebut melebihi laju produksi kritisnya, jarak antara Batas Minyak Air (BMA) dengan *bottom* perforasi terlalu dekat dan juga akibat dari *Bonding Cement* yang kurang bagus.

4.1 DATA-DATA SUMUR KAJIAN

Dalam mendukung pelaksanaan evaluasi ini, diperlukan data sumur kajian, yaitu berupa data *reservoir* dan data grafik produksi sebelum *Conformance* (dalam Lampiran). Data sumur IDR tersebut dapat dilihat pada Tabel IV-1.

Berdasarkan data yang diperoleh, diketahui bahwa pada sumur IDR mempunyai kadar air yang tinggi, sehingga perlu dievaluasi apakah sumur-sumur tersebut telah dioperasikan pada laju produksi minyak yang diijinkan agar tidak mengalami problem *Water Coning*. Problem *Water Coning* sering terjadi pada sumur yang mempunyai mekanisme pendorong terutama *water drive*. *Water Coning* ini pasti terjadi dan tidak dapat dihindari, sehingga diperlukan alternatif lain agar problem tersebut dapat dihindari. Salah satu cara yang diterapkan oleh BOB PT.BSP-PERTAMINA HULU yaitu dengan menggunakan Program *Water Conformance*. Program ini bertujuan untuk membatasi penerobosan air kedalam lubang sumur (*Coning*) dan juga untuk meningkatkan laju produksi minyak.

Tabel IV-1 Data-Data Sumur Kajian IDR

No	Parameter	Satuan	Data Sumur Kajian IDR
1.	Laju Alir Fluida Total (Qtot)	BFPD	835.24
2.	Laju Alir Minyak (Qoil)	BOPD	52.75
3.	Tekanan reservoir (Pr)	Psi	1200
4.	Tekanan Alir Dasar Sumur (Pwf)	Psi	847.52
5.	Perforasi	Ft	3517-3536
6.	Interval Perforasi (hp)	Ft	19.68
7.	Densitas Perforasi	SPF	12
8.	Phasing Perforasi	Deg	60
9.	Panjang Penetration (Lp)	Inc	17.08
10.	Diamater Perforasi (rp)	Ft	0.031
11.	Ketebalan Lapisan Minyak (ho)	Ft	131.24
12.	Batas minyak-air (OWC)	Ft	3560
13.	Permeabilitas vertical (k_v)	mD	20
14.	Permeabilitas horizontal (k_h)	mD	20
15.	Densitas Oil	gr/cc	0.816
16.	Densitas air	gr/cc	1.012
17.	F.V.F (Bo)	bbl/STB	1.2
18.	Viscositas Oil	Cp	0.77
19.	Jari-jari sumur (rw)	Ft	0.35
20.	Jari-jari Pengurasan (re)	Ft	492
21.	Kadar Air (KA)	%	93

4.2 PERHITUNGAN LAJU PRODUKSI KRITIS BEBAS WATER CONING PADA SUMUR KAJIAN BERDASARKAN INTERVAL PERFORASI YANG TELAH DIBUAT

Dalam menentukan laju produksi kritis minyak terhadap *water coning* pada interval perforasi yang telah dibuat, digunakan metode perhitungan *Chiericci dan Craft Hawkins*. Berdasarkan data-data pada Tabel IV-1 diatas, maka dapat dilakukan perhitungan laju produksi kritis bebas *Coning* pada sumur IDR dengan menggunakan metode *Chierichi dan Craft & Hawkins*

Sumur IDR

Perhitungan :

1. Mencari Harga r_{De} dengan rumus :

$$\begin{aligned} r_{DE} &= \left(\frac{r_e}{h} \right) x \left(\frac{k_v}{k_h} \right)^{1/2} \\ &= \left(\frac{492}{131.24} \right) x \left(\frac{20}{20} \right)^{1/2} \\ &= 3.75 \end{aligned}$$

2. Mencari fraksi interval perforasi terhadap ketebalan lapisan produktif (fb)

$$\begin{aligned} H_p &= 19.68 \text{ ft} \\ fb &= \frac{H_p}{h_o} \\ &= \frac{19.68}{131.24} = 0.15 \end{aligned}$$

3. Menghitung perbandingan jarak Batas Minyak-Air (BMA) ke dasar perforasi terhadap ketebalan zona minyak (δ) :

$$\begin{aligned} h_{cw} &= h - H_p \\ &= 131.24 - 19.68 \\ &= 111.56 \text{ ft} \\ \delta &= \frac{h_{cw}}{h} \\ &= \frac{111.56}{131.24} = 0.85 \end{aligned}$$

4. Menghitung harga Ψ secara analitik dengan sebelumnya menentukan konstanta-konstanta :

$$\begin{aligned} C &= -0.31253676 - 0.32957799 (\ln r_{DE}) \\ &= -0.31253676 - 0.32957799 (\ln 3.75) \\ &= -0.75 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= -1.17760395 + 0.19623644 (\ln r_{DE}) \\ &= -1.17760395 + 0.19623644 (\ln 3.75) \\ &= -0.92 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= 1.409514123 + 0.0029341 (\sqrt{r_{DE}}) (\ln r_{DE}) \\ &= 1.409514123 + 0.0029341 (\sqrt{3.75}) (\ln 3.75) \\ &= 1.42 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= 0.50297452 + 0.826966176 (\ln r_{DE} / r_{DE}) \\ &= 0.50297452 + 0.826966176 (\ln 3.75 / 3.75) \\ &= -0.21 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= C + D [EXP.(-fb)] \\ &= -0.75 + -0.92 [EXP.(-0.15)] \\ &= -1.54 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B &= E + F \sqrt{fb} \\ &= 1.42 + -0.21 \sqrt{0.15} \\ &= 1.34 \end{aligned}$$

Sehingga Ψ dapat dicari :

$$\begin{aligned} \Psi_w &= EXP \left[A + B \ln \left(\frac{hcw}{h} \right) \right] \\ &= EXP [-1.54 + 1.34 \ln(0.85)] \\ &= 0.173 \end{aligned}$$

5. Laju alir kritis *water coning* dengan Persamaan pada Metode *Chiericci* :

Untuk sumur minyak :

$$q_{ocw} = 0.003073 \left(h^2 \frac{\Delta \rho_{ow} k_h}{B_o \mu_o} \right) \psi(r_{DE}, fb, h_{cw} / h)$$

$$q_{ocw} = 0.003073 \left(131.2^2 \frac{(1,012 - 0.816) 20}{1.2 \times 0.77} \right) \times 0.173$$

$$= 38.82 \text{ BOPD}$$

Hasil dari perhitungan laju produksi kritis minyak pada interval perforasi yang ada pada sumur kajian, serta perbandingannya dengan laju produksi aktualnya di lapangan dapat kita lihat pada Tabel IV-2 dibawah ini.

Tabel IV-2 Laju Produksi Kritis Minyak bebas *Water Coning* Pada Interval Perforasi Yang Telah Ada pada Sumur Kajian Dengan Laju Produksi Aktual di Lapangan

Sumur	Interval Perforasi (ft)	Ketebalan Zona Minyak (ft)	Laju Produksi Aktual (BOPD)	Q _{kritis} Metode <i>Chiericchi</i> (BOPD)	Keterangan
IDR	19.68	131.24	52.75	38.82	<i>Water Coning</i>

Dari hasil perhitungan laju produksi kritis bebas *water coning* untuk sumur kajian dan perbandingannya dengan laju produksi aktual di lapangan (Tabel IV-2), maka dapat kita katakan bahwa sumur IDR telah diproduksi sebesar 38.82 BOPD – 52.75 BOPD. Dengan melihat hal tersebut maka sumur IDR dikatakan telah mengalami problem *Water Coning*, sehingga diperlukan perubahan interval perforasi untuk memperoleh laju produksi kritis yang lebih optimum sehingga terhindar dari produksi air yang berlebihan.

4.3 PERHITUNGAN LAJU PRODUKSI KRITIS MINYAK BEBAS WATER CONING PADA BERBAGAI HARGA INTERVAL PERFORASI

Penentuan laju produksi kritis minyak bebas *Water Coning* pada berbagai interval perforasi dimaksudkan untuk mengetahui harga interval perforasi optimum yang memberikan laju produksi kritis minyak bebas *Water Coning* yang lebih besar dibandingkan laju produksi kritis minyak bebas *Water Coning* pada interval perforasi yang telah ada.

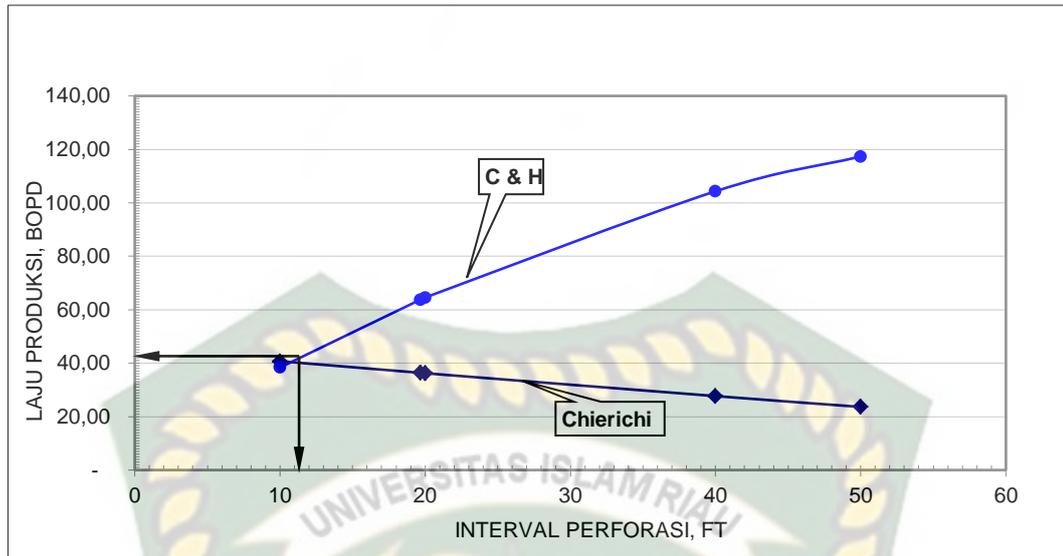
Pada sumur IDR telah mengalami problem *Water Coning*, maka perlu dilakukan perencanaan ulang terhadap interval perforasinya. Dengan menggunakan metode *Chiericci* dan *Craft & Hawkins* maka dapat dilakukan perhitungan laju produksi kritis minyak bebas *Water Coning* dan laju alir potensi sumur untuk berbagai harga interval perforasi (contoh perhitungan dapat dilihat pada Lampiran).

Adapun hasil perhitungan untuk menentukan interval perforasi optimum pada sumur IDR dapat dilihat pada Tabel IV-3 dibawah ini :

Tabel IV-3 Laju Produksi Kritis Minyak bebas *Water Coning* Pada Berbagai Harga Interval Perforasi

H	Hp	Hcw	Fb	Hcw/h	Rde	Rw	ψ	PR	<i>Chierichi</i>	<i>Craft</i>
131.24	10	121.2	0.076	0.924	3.749	0.35	0.193	0.15	43.37	38.41
131.24	19.68	111.6	0.150	0.850	3.749	0.35	0.173	0.24	38.82	63.81
131.24	20	111.2	0.152	0.848	3.749	0.35	0.172	0.24	38.67	64.58
131.24	40	91.2	0.305	0.695	3.749	0.35	0.132	0.40	29.68	104.34
131.24	50	81.2	0.381	0.619	3.749	0.35	0.113	0.45	25.42	117.36

Dari data-data diatas, kemudian dipilih suatu interval perforasi yang optimal untuk diterapkan pada sumur IDR sehingga memberikan laju alir kritis yang mendekati laju alir aktualnya. Pemilihan tersebut didasarkan pada perpotongan antara laju produksi kritis hasil perhitungan *Chiericchi* dengan laju alir potensi hasil perhitungan *Craft & Hawkins*.



Gambar 4.1 Analisa Interval Perforasi (h_p) Optimum Pada Sumur IDR

Dari Gambar 4.2. dapat dilihat bahwa perpotongan terletal pada interval perforasi 12 ft dan jarak WOC kedasar perforasi sebesar 119.24 ft dengan laju produksi kritis bebas *water coningnya* sebesar 41 BOPD

4.4 PENENTUAN *BREAKTHROUGH TIME*

Pada metode sebelumnya adalah menentukan laju produksi kritis minyak tanpa *Coning*. Sedangkan perkiraan waktu tercapainya *Cone* ke lubang sumur dapat dilakukan dengan Metode *Sobocinski* dan *Carnelius*. Metode ini digunakan untuk memprediksikan waktu *Breakthrough Time* dari air sampai ke *bottom* perforasi.

Diketahui dat-data sebagai berikut :

1. Permeabilitas horizontal (k_h) = 20 mD
2. Permeabilitas vertikal (k_v) = 20 mD
3. Permeabilitas efektif minyak (k_o) = 10.23 mD
4. Permeabilitas efektif air (k_w) = 9.22 mD
5. Laju produksi minyak (q_o) = 52.75 BOPD
6. Ketebalan lapisan minyak (h) = 131.24 ft
7. Interval perforasi (H_p) = 19.68 ft
8. Viscositas minyak (μ_o) = 0.77 cp
9. Viscositas air (μ_w) = 0.65 cp

10. Faktor volume formasi minyak (B_o) = 1.2 bbl/stb
 11. Densitas air (ρ_w) = 1.012 gr/cc
 12. Densitas minyak (ρ_o) = 0.816 gr/cc
 13. Porositas (ϕ) = 25 %
 14. Permeabilitas ratio (ηk) = 1
 15. Jarak WOC ke Bottom perforasi = 22.96 ft

Langkah Perhitungan :

$$4.1 \text{ Mobilitas ratio (M)} = \frac{\left(\frac{k_w}{\mu_w}\right)}{\left(\frac{k_o}{\mu_o}\right)} = \frac{\left(\frac{9.225}{0.65}\right)}{\left(\frac{10.23}{0.77}\right)}$$

$$= 1.068$$

- 4.2 Dengan menggunakan persamaan yang dikemukakan oleh *Sobocinski* dan *Carnelius* dapat dihitung ketinggian *cone* tak berdimensi (Z) :

$$Z = \frac{0,00307(\rho_w - \rho_o)k_h h h_c}{\mu_o B_o q_o}$$

$$= \frac{0,00307(1.012 - 0.816)20 \times 131.24 \times 22.96}{0.77 \times 1.2 \times 33.28}$$

$$= 0.60318828$$

- 4.3 Untuk menentukan harga waktu tak berdimensi (t_D) digunakan Gambar 2.8 :

$$t_D = 0.5$$

- 4.4 Tentukan waktu (t) yang diperlukan *cone* untuk mencapai lubang sumur dengan persamaan :

$$t = \frac{t_D \mu_o \phi h (\eta k)}{0,00137 (\rho_w - \rho_o) k_h (1 + M^\alpha)}$$

$$= \frac{0.5 \times 0.77 \times 0.25 \times 131.24 \times (1)}{0.00137 (1.012 - 0.816) 20 (1 + 1.068238^{0.6})}$$

$$= 1005.72975 \text{ hari}$$

$$= 1.4 \text{ tahun}$$

Dari perhitungan yang dilakukan pada sumur IDR waktu yang diperlukan *cone* mencapai lubang sumur adalah 1.4 tahun. Hal ini berarti sumur IDR, jika

diproduksikan konstan dengan laju produksi 41 BOPD seperti perhitungan laju alir kritis, maka air akan mencapai *bottom* perforasi setelah berproduksi 1.4 tahun.

4.5 WATER COMFORMANCE

Pelaksanaan *Water Conformance* pada sumur IDR dimaksudkan untuk mencegah terjadinya penerobosan air keatas masuk ke zona minyak dan meningkatkan laju produksi minyak tersebut. Sumur IDR merupakan sumur yang terdapat di Lapangan STF. Sumur tersebut diproduksikan pada pelubangan 1072-1078 meter. secara sembur alam dan mempunyai data produksi sebelum *Water Conformance*, $Q_t = 835.24$ BFPD, $Q_o = 52.75$ BOPD, $Q_w = 782.49$ BWPD, dengan kadar air (KA) 93 %. Dengan melihat laju produksi sumur tersebut terdapat peningkatan kadar air yang tinggi hingga diatas 90%, yang nantinya akan dapat mengganggu laju produksi minyak secara optimal. Oleh sebab itu untuk menanggulangi problem tersebut maka dilakukan salah satu cara yaitu *Water Conformance*.

Pada Tabel IV-4 dapat dilihat data pada sumur "IDR" sebelum pelaksanaan *Water Conformance*.

Tabel IV-4 Data Sumur IDR Sebelum Dilakukan *Water Conformance*

No	Parameter	Data Sumur IDR
1.	Tekanan <i>Reservoir</i> (Pr)	1200 psi
2.	Tekanan Alir Dasar sumur (Pwf)	847.52 psi
3.	Permeabilitas (K)	20 mD
4.	Laju produksi Total (Qtot)	835,24 BFPD
5.	Laju Produksi Minyak (Qo)	52.75 BOPD
6.	Kadar Air (KA)	93 %
7.	Jenis Batuan	<i>Limestone</i>

Penyebab terjadinya *Coning* dapat disebabkan oleh dari penempatan interval perforasi yang terlalu dekat dengan batas minyak air (BMA), ketebalan zona air yang lebih tinggi dibanding ketebalan zona minyak, dan akibat dari bonding cement yang kurang bagus.

Pada hasil pengamatan Sumur IDR penyebab terjadinya *Coning* diakibatkan oleh *Bonding Cement* yang jelek sehingga air yang berada pada tempatnya naik keatas dan ikut terproduksi, sehingga untuk membatasi pergerakan air tersebut dilakukan pekerjaan *Water Conformance*.

4.5.1 Persiapan *Water Conformance* Pada Sumur IDR

Persiapan *Water Conformance* pada sumur IDR meliputi persiapan data sumur, persiapan *injectrol* yang akan digunakan, pengujian alir, dan program pelaksanaan *Water Conformance*. Data sumur IDR dapat dilihat pada Tabel IV-5.

Tabel IV-5 **Data Reservoir Pada Sumur IDR**

No.	Parameter	Data Sumur IDR	
1.	Nama Sumur	IDR	
2.	Type Formasi	<i>Limestone</i>	
3.	Data Casing	13 3/8" K55-54.5 PPK set pada 0 – 54 m 9 5/8" K55 – 36 PPK set pada 0 – 499 m 7 " K55 – 23 PPK	
4.	Casing OD	7 "	
5.	Casing ID	6.366"	
6.	Tubing ID	2.441"	
8.	Jenis Penyekat	EZSV set pada 3576 ft MD	3576 ft TVD
9.	Pelubangan	1086- 1089 m (MD) 5 SPF	
10.	Ukuran lubang	0.37 "	
11.	Top. Perforation	3586 ft MD	3586 ft TVD
12.	Bottom Perforation	3596 ft MD	3596 ft TVD
13.	Mid. Perforation	3591 ft MD	3591 ft TVD
14.	Interval Perforation (hp)	3.5 m	
15.	Porositas	25 %	
16.	Tekanan reservoir (Pr)	1200 psi	
17.	BHT	210 ° F	
18.	Permeabilitas (K)	20 mD	
19.	Cement Density	15.8 ppg	

20.	<i>Displacement density</i>	8.33 ppg
-----	-----------------------------	----------

Dari data diatas maka kita dapat membuat kurva IPR untuk melihat kemampuan sumur tersebut mengalir. Berdasarkan Persamaan (16) maka kita dapat membuat kurva IPR dengan menggunakan metode Vogel untuk aliran dua fasa. Hasil perhitungan pembuatan kurva IPR (Gambar 4.2) sebelum *Conformance* dapat dilihat pada Tabel IV-6.

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

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

$$q_{o \max} = \frac{835.24}{1 - 0.2 \left(\frac{847.52}{1200} \right) - 0.8 \left(\frac{847.52}{1200} \right)^2}$$

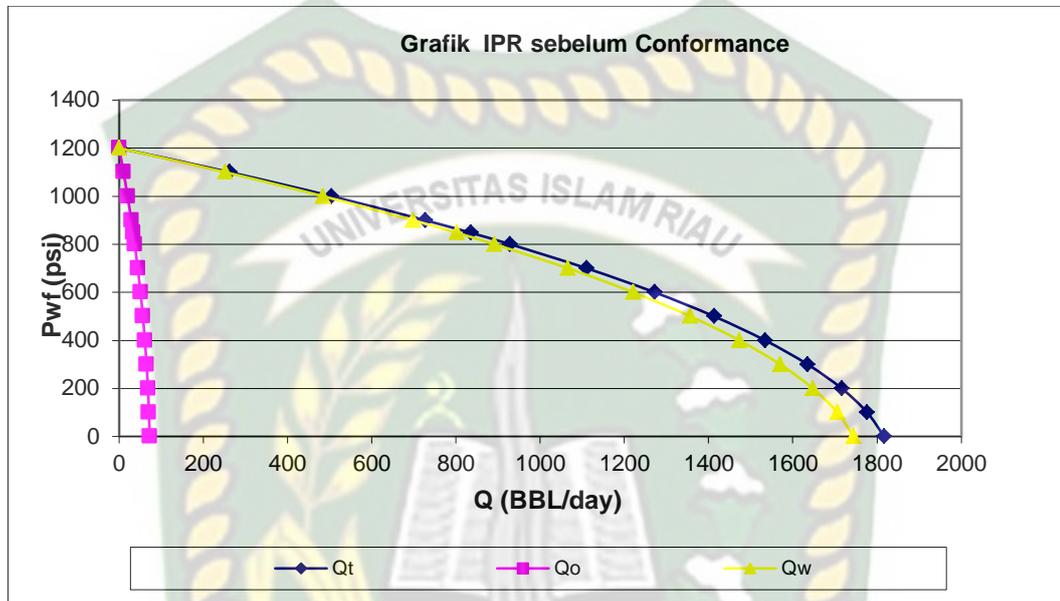
$$= 1817 \text{ BFPD}$$

untuk hasil selanjutnya dapat dihitung dengan berbagai harga P_{wf} .

Tabel IV-6 Pembuatan kurva IPR sebelum *Water conformance*

Pwf	Qtot	Qo	Qw
1200	0.00	0	0
1100	262.45	10.46	251.99
1000	504.70	20.11	484.60
900	726.78	28.96	697.82
847.52	835.24	52.75	782.49
800	928.66	37.00	891.65
700	1110.35	44.24	1066.11
600	1271.86	50.68	1221.18
500	1413.17	56.31	1356.87
400	1534.30	61.13	1473.17

300	1635.24	65.16	1570.09
200	1716.00	68.37	1647.62
100	1776.56	70.79	1705.77
0	1816.94	72.40	1744.54



Gambar 4.2. Kurva IPR Sebelum *Water Conformance*

Berdasarkan perhitungan pembuatan kurva IPR dengan metode *Vogel*

maka didapatkan harga untuk :

$$Q_{\max \text{ total}} = 1817 \text{ BFPD}$$

$$Q_{\max \text{ air}} = 1745 \text{ BWPD}$$

$$Q_{\max \text{ minyak}} = 72.4 \text{ BOPD}$$

Dari hasil diatas maka didapatkan laju produksi air yang sangat besar sehingga Sumur IDR merupakan kandidat yang cocok untuk dilakukan *Water Conformance*.

4.5.1.1. Design Injectrol

Water Conformance adalah salah satu teknologi untuk menanggulangi produksi air yang besar. Pekerjaan ini hanya memompakan fluida ke formasi secara matrik. Fluida tersebut adalah *Injectrol* yang mempunyai viscositas 1.2 cp dimana pada temperatur tertentu akan menjadi gel permanen. Dalam pekerjaan ini ada 3 jenis *Injectrol* yang digunakan. Berikut ini pada Tabel IV-6 dapat dilihat jenis *Injectrol* dan peralatan yang digunakan untuk *treatment*.

Table IV-7 Jenis *Injectrol* Dan Peralatan yang Akan Digunakan untuk *Treatment*

Jenis <i>Injectrol</i>	Peralatan Yang Digunakan
<i>Injectrol</i> IT (120 °F – 160 °F)	<i>Pumping Unit</i>
<i>Injectrol</i> G (60 °F – 150 °F)	<i>Acid Transfer Pump</i>
<i>Injectrol</i> A (180 °F – 300 °F)	<i>Pack</i> <i>Tanks</i> <i>Filter</i> <i>Batch Mixer</i>

Injectrol IT memiliki sifat mobilitas yang tinggi dibandingkan dengan *Injectrol* G maupun *Injectrol* A, sehingga penetrasi yang dihasilkan lebih jauh dari *Injectrol* lainnya. *Injectrol* G memiliki viscositas yang besar dari *Injectrol* IT yang berfungsi untuk menahan *Injectrol* IT agar tidak kembali ke *wellbore* sedangkan *Injectrol* A mampu bekerja pada temperatur yang tinggi.

4.5.1.2. Pengujian Alir

Pengujian alir ini dilakukan dengan melalui pengisian lubang sumur dengan menggunakan air tawar dengan laju pemompaan secara bertahap. Pengujian alir ini berfungsi untuk mendapatkan rate pemompaan sesuai dengan kemampuan formasinya agar pada saat kita menginjeksikan *Injectrol* tidak terjadi rekahan pada formasi, dan untuk mendinginkan formasi agar *Injectrol* tidak mudah cepat menggejel.

Hasil pengujian alir ini didapatkan *rate* pompa sebesar 2.5 bpm dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Pompa 3.20 bbl fluida pada 0.92 bpm

- b. Pompa 20.0 bbl fluida pada 1.65 bpm
- c. Pompa 3.20 bbl fluida pada 2.33 bpm
- d. Pompa 5.40 bbl fluida pada 3.41 bpm
- e. Pompa 5.71 bbl fluida pada 3.58 bpm

Jika uji alir stabil pada aliran dibawah 1 bpm maka dilakukan pengasaman untuk dapat melakukan pengujian alir.

4.5.1.3. Pelaksanaan *Water Conformance*

Berikut ini merupakan prosedur pelaksanaan *Water Conformance* pada sumur IDR dengan menggunakan *fluida injectrol*.

Proses pekerjaan *Water Conformance* :

1. Mematikan sumur dengan air asin, kemudian pengamatan pada tekanan
2. Membongkar silang sembur 3" x 2" x 3000 psi
3. Memasang PSL 6" – 3000 psi, uji tekanan dengan 1500 psi/15 menit
4. Bebaskan penyekat 7", sirkulasi dan cabut sampai permukaan
5. Kerik selubung 7" sampai 1100 m
6. Melaksanakan pelubangan selang 1086 – 1089 m dengan Predator 5 TPK
7. Memasukkan dan mengeset EZSV 7" di 1083 m (menggunakan *wireline*)
8. Masukkan rangkaian dengan EZSV stinger pada rangkaian. Pastikan sumur dalam keadaan penuh dan sambungkan ke EZSV. *Slack off* berat wajib diperlukan perenggangan selama pemompaan. Lakukan pengujian alir, yang sebagai fluida pendahulu dan berfungsi sebagai *cooling down* sebelum *injectrol* diinjeksikan.
9. Berdasarkan hasil uji alir kemudian dilakukan penyesuaian pada rencana kerja dan pengadukan bahan kimia sebagai berikut :
 - a. Jika uji alir stabil pada aliran dibawah 1 bpm maka dilakukan pengasaman.
 - b. Jika hasil uji alir adalah 3,0 bpm atau lebih besar lalu dilakukan pengadukan 350 bbls (240 bbl lead dan 110 tail) dari *injectrol* IT dan *injectrol* G untuk pekerjaan dengan memberikan radius 16.1 ft. Pengujian pada laboratorium sebagai acuan akhir untuk komposisi.

10. Persiapan pengadukan fluida untuk 15 bbls untuk komposisi semen berdasarkan anjuran.

Catatan:

- a. Dalam melengkapi rancangan prosedur di asumsikan bahwa laju pemompaan adalah 3.0 bpm dan volume *injectrol* adalah 350 bbl
- b. Dalamnya pemasangan dar pada tretment ini berdasarkan perhitungan secara ekonomis dan minimum persyaratan untuk kriteria pada areal pengisolasian.

11. Pada saat pengadukan telah selesai dan seluruh tanki terpasang dan siap untuk dipompakan .

12. Pastikan sumur dalam keadaan penuh dan lakukan penyambungan pada EZSV. *Slack off* berat wajib dibutuhkan untuk memungkinkan perenggangan tubing selama pemompaan . Lakukan pemompaan sebagai berikut :

- a. 40 bbls air yang difilter sebagai fluida pemula pada 2 bpm
- b. 240 bbls dar *injectrol* IT lead pada 2.0 bpm
- c. 50 bbls dari *injectrol* G tail pada 2.0 bpm.
- d. Jika terdapat respon tekanan dari *injectrol* lanjutkan dengan 2 bpm
Jika tidak terdapat respon tekanan, lakukan penurunan tekanan ke 1.2 bpm.
- e. 40 bbls dari *injectrol* G tail dengan 1.5 bpm

catatan : mulai pengadukan terhadap semen pada saat pemompaan sisa dari *injectrol* G

- a. Jika terdapat respon tekanan, lakukan dari *injectrol* lanjutkan pemompaan ke 1 bpm
- b. Jika tidak terdapat respon tekanan, turunkan laju pemompaan ke 1 bpm
- f. 20 bbls dari *injectrol* G dengan 1 bpm
- g. 3 bbls air sebagai pembilas
- h. 15 bbls bubuk semen
- i. 20 bbls air sebagai cairan pendorong

Hasil perhitungan fluida *Injectrol* yang dipompakan dapat dilihat pada Lampiran D

13. Tekanan pemampatan harus dicapai pada saat semen telah mencapai di formasi lanjutkan pada tahap pertama Jika tekanan pemampatan dicapai pada saat semen mencapai perlubangan lalu lanjutkan pada tahap kedua, Jika tekanan permukaan tidak dapat dicapai 1 bbbls semen diatas EZSV lanjutkan pada tahap ketiga.
 1. Lakukan penekanan secara bertahap samapai maksimum tekanan sekitar 500 psi dan tahan selama 5 menit. Cabut rangkaian dari EZSV dan lakukan sirkulasi sisa *injectrol* kembali ke tanki. Angkat seluruh rangkaian dan biarkan sumur 24 jam.
 2. Lakukan penekanan secara bertahap sampai maksimum tekanan sekitar 500 psi dan tahan selama 5 menit. Cabut rangkaian dari EZSV dan sirkulasikan sisa semen dari rangkaian sumur. Angkat seluruh rangkaian dan biarkan sumur untuk minimum 24 jam
 3. Cabut rangkaian dari EZSV, pastikan bahwa semen tidak berada di bawah EZSV. Sirkulasikan sisa semen dari semen keluar dari lubang sumur. Angkat seluruh rangkaian dan biarkan sumur untuk 24 jam
14. Masukkan penyekat 7" dan tubing 2 7/8" samapi UR 1060 m, sekatkan di 1050 m. Uji tekan penyekat 700 psi/ 10 menit
15. Bongkar PSL 6" – 3000 psi, pasang silang sembur 3" x 2" x 3000 psi dan uji tekan 1500 psi/15 menit
16. Swab dan uji produksi.

4.5.2 Evaluasi Pelaksanaan *Water Conformance*

Evaluasi *Water Conformance* dapat dilihat dari test produksi dan laju produksi yang dicapai. Parameter yang digunakan dalam menilai keberhasilan *Water Conformance* ini adalah dengan melihat laju produksi sumur setelah dilakukan test dan penurunan kadar air yang terkandung dalam minyak. Data hasil test produksi sumur "IDR" sebelum dan setelah *Water Conformance* dapat dilihat pada Tabel IV-8 dan Tabel IV-9. Setelah dilakukan *Conformance* dapat

kita lihat pada grafik IPR (Gambar 4-3) bahwa terjadi penurunan produksi air yang cukup besar yaitu dari 782.49 BWPD menjadi 15.10 BWPD.

Tabel IV-8 Data Hasil *Test* IDR Sebelum *Water Conformance*

Sumur	Qtotal (BFPD)	Qo (BOPD)	Qw (BWPD)	Wc %
IDR	835.24	52.75	782.49	93

Tabel IV-9 Data Hasil *Test* IDR Setelah *Water Conformance*

Jam	Qtotal (BFPD)	Qo (BOPD)	Qw (BWPD)	Wc %
22.00-24.00	90.56603	69.18239	21.38365	0.23611
00.00-03.00	88.05031	62.89308	25.15723	0.28571
00.03-06.00	81.76100	81.76101	0	0
06.00-10.00	81.76100	62.26415	19.49686	0.23846
10.00-12.00	105.6603	90.56604	15.09434	0.142857
12.00-18.00	120.7547	102.5157	18.23899	0.151042
15.00-18.00	75.47169	65.40881	10.06289	0.133333
18.00-22.00	79.24528	67.92453	11.32075	0.142857
Rata-rata	90.40881	75.31447	15.09434	0.166297

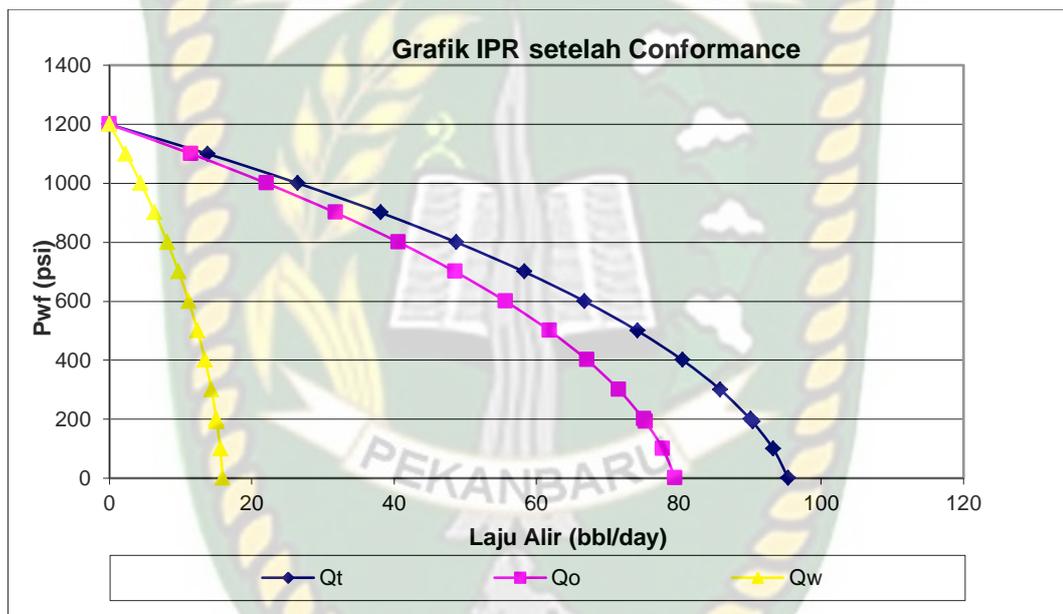
Dari data diatas maka kita dapat membuat kurva IPR untuk melihat kemampuan sumur tersebut mengalir. Berdasarkan Persamaan Vogel maka kita dapat membuat kurva IPR dengan menggunakan metode Vogel untuk aliran dua fasa. Hasil perhitungan pembuatan kurva IPR berdasarkan hasil test sumur IDR setelah *Water Conformance* dapat dilihat seperti berikut :

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

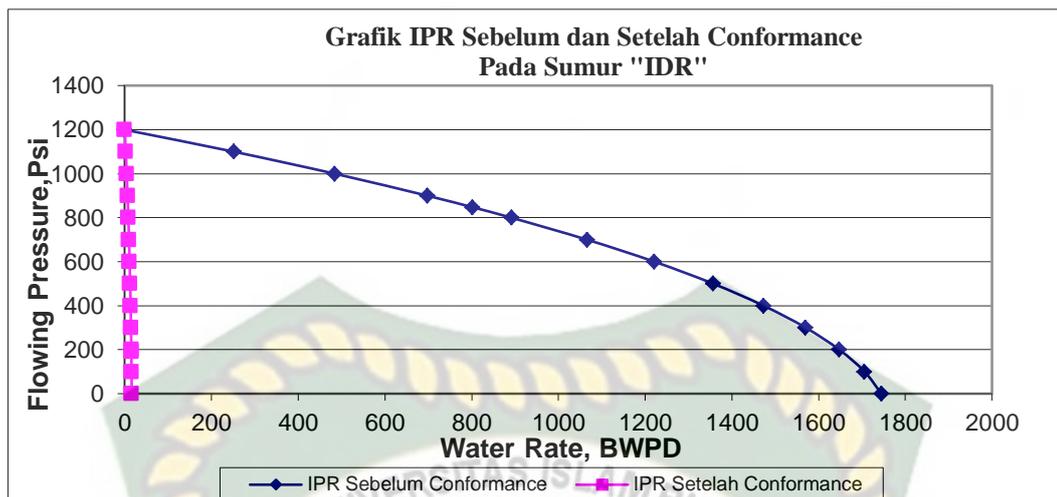
$$q_{o \max} = \frac{q_{tot}}{1 - 0.2 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right) - 0.8 \left(\frac{P_{wf}}{P_s} \right)^2}$$

$$q_{o \max} = \frac{90.40}{1 - 0.2 \left(\frac{192}{1200} \right) - 0.8 \left(\frac{192}{1200} \right)^2}$$

$$= 95.40 \text{ BFPD}$$



Gambar. 4.3 Kurva IPR setelah Water Conformance



Gambar. 4.4. Perbandingan Kurva IPR sebelum dan Sesudah *Water Conformance* untuk *Water Rate*

Sebelum dilakukan *Water Conformance* laju produksi yang diperoleh adalah $Q_t = 835.24$ BFPD, $Q_o = 52.75$ BOPD, $Q_w = 782.49$ BWPD, $W_c = 93\%$. Setelah dilakukan *Water Conformance* terdapat kenaikan laju produksi minyak $Q_t = 90.40881$ BFPD, $Q_o = 75.31447$ BOPD, $Q_w = 15.09434$ BWPD, $W_c = 16\%$

Berdasarkan evaluasi diatas baik dengan menggunakan perhitungan laju alir kritis minyak bebas *Coning* dan dengan *Water Conformance* diharapkan dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan untuk sumur-sumur berikutnya, agar perolehan minyak bisa semaksimal mungkin dengan kadar air yang rendah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dalam usaha mengatasi problem *Water Coning* pada sumur IDR, maka dapat diambil kesimpulan, yaitu :

1. Berdasarkan perhitungan laju alir kritis minyak bebas air dengan interval perforasi yang telah dibuat (metode *Chiericci*) didapat :
 - a. Interval perforasi = 19.7 ft
 - b. Q_{actual} = 52.75 bbl/day
 - c. Q_{critis} = 38.82 bbl/day
 - d. Keterangan = *Water coning*

2. Dari perpotongan laju alir kritis dngan metode *Chierici* dengan laju alir potensi metode *Craft & Hawkins* didapatkan :
 - a. Interval Perforasi optimum = 12 ft
 - b. Jarak BMA kedasar perforasi = 119.24 ft
 - c. Laju produksi optimum = 41 BOPD

3. Berdasarkan *Metode Sobocinski dan Carnelius* maka pertumbuhan *Cone* dapat terjadi setelah sumur tersebut berproduksi selama 1.4 tahun

4. Evaluasi keberhasilan *Water Conformance* pada sumur “IDR” dapat dilihat dari penurunan kadar air.

- **Sebelum *Water Conformance* :**

- a. Laju produksi total fluida = 835.24 BFPD
- b. Laju Produksi minyak = 52.75 BOPD
- c. Kadar Air (KA) = 93 %

- **Setelah *Water Conformance* :**

- a. Laju produksi total fluida = 90.40 BFPD
- b. Laju Produksi minyak = 75.35 BOPD
- c. Kadar Air (KA) = 16 %

5.2 SARAN

Jadi, disarankan untuk peneliti selanjutnya agar dapat menghitung nilai keekonomian tentang metode teknologi *water conformance* pada sumur IDR lapangan STF

DAFTAR PUSTAKA

- Adams .Neal. J. (1985). *“Drilling Engineering”*, Penn Well Publishing Company, Tulsa, Oklahoma.
- Adam T. Bourgoyne, Jr, Keith K. Millheim, Martin E. Chanevert, F.S. Young Jr. (1986). *“Applied Drilling Engineering”*, First Printing, Society of Petroleum Engineers, Richardson, TX.
- Arian. (2011). Pengaruh Temperatur dan Tekanan Terhadap parameter Hidrolika Pada Managed Pressure Drilling jenis Constant Bottom Hole Pressure. *Institut Teknologi Bandung*.
- Aulia, K. and Heidrick, T.L. (1993). A Structural and Tectonic Model of The Coastal PlainsBlock, Central Sumatra Basin, Indonesia, *Proceedings Indonesian Petroleum Association, 22nd Annual Convention, October 1993, P. 285-316*.
- Bernard, J and Claude B, (1971). Fast Water Coning Evaluation Method. American Institute of Mining Petroleum Engineers, Inc.
- Dawson,. Et al. (1998). Modeling The Effects of Leaf Biochemical Concentration on Reflectence Spectra. *Remote Sens. Environ. 65:50-60. Elsevier. New York*.
- Fooshe. S. Jeffery. (2009). The Development Of A Pore Pressure And Fracture Gradient Prediction Model For The Ewing Banks 910 Area In The Gulf Of Mexico. Thesis. *Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College*.
- Mitchell W, Martin, A,N, and friends. (2003). Inovative business partnership produces effective water conformance treatment. Asociety of petroleum engineers. Colorado, USA .
- Steven H, Vincent S and friends. (1999). Successful aplication of water conformance technology: A case study from East. Society petroleum of engineering INC, jakarta, indonesia.
- Syed Z, Naz H and friends. (2015). Successful water conformance control in horizontal wells using icd completions- a case history spanning over 7 years

from greater burgan field in kuwait. Society petroleum of engineering, bahrain.

Hubbert and Wills. (1972). *Mechanics of Hydraulic Fracturing*, Washington, D.C., and Atherton, California.

Huffman,. Et al. (2011). Recent Advances in Pore Pressure Prediction In Complex Geologic Environments, *SPE 142211-PP, the SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference held in Manama, Bahrain, 20–23 March 2011*

K. S. Chan, SPE, Dowell, A.J. Bond. (1997). Evaluation of a Water Conformance Treatment in Prudhoe Bay Alaska. Society Petroleum of Engineering. Texas USA.

Nwankwo,. Kolu. (2016). Integrated Approach to Pore Pressure and Fracture Pressure Prediction Using Well Logs:Case Study of Onshore Niger-Delta Sedimentary Basin. *Department of Physics, University of Port Harcourt, Port Harcourt, Nigeria. 2016.*

Theja, Kankanamge. (2013). Pore Pressure And Fracture Pressure Modelling With- Offset Well Data And Its Application To-Surface Casing Design Of A Developmet Well Deep Panuke Gas Pool Offshore Nova Scotia. *Dalhousie University Halifax, Nova Scotia.*

Zainudin M, (2017). *Report Pemboran Lapangan Langgak*”, Langgak Field PSC Block.