

Analisa Keakuratan Metode Perhitungan Klasik Dykstra-Parson dan Metode Stiles Dalam Meramalkan *Kinerja Waterflooding*.

Harry Budiharjo S., Sunindyo, Muhammad Rasyid Ridlah

Prodi Teknik Perminyakan, UPN Veteran Yogyakarta
Email: harry_hb@upnyk.ac.id

Abstrak

Waterflooding merupakan metode pengurasan tahap sekunder yang sampai saat ini masih sering digunakan pada lapangan-lapangan migas setelah pengurasan tahap primer sudah tidak mampu lagi mengangkat minyak ke permukaan. Oleh karena itu diperlukan suatu metode untuk meramalkan kinerja produksinya yang sesuai dengan kondisi reservoirnya. Pada penelitian ini akan dibandingkan penggunaan dua metode, yaitu Metode Dykstra-Parson dan Metode Stiles untuk menguji keakuratan dalam meramalkan kinerja produksi *waterflooding* pada suatu kasus lapangan dengan pola sumur injeksi produksi *inverted seven spot*. Kedua metode ini adalah metode klasik yang paling sesuai dengan kondisi lapangan yang akan diteliti. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa pada kurun waktu tertentu masa produksi *waterflooding*, didapatkan prosentase kesalahan dari kedua metode tersebut dibandingkan produksi total sesungguhnya. Pada metode Dykstra-Parson didapatkan 6% kesalahan dan pada metode Stiles 14% kesalahan. Pada penelitian ini juga akan dianalisa penyebab dari kesalahan dari kedua metode klasik tersebut.

Kata Kunci : *Waterflood*, Metode Dykstra-Parson, Metode Stiles.

Abstract

Waterflood is an enhanced oil recovery method that commonly used as secondary recovery method which applied in oil field after primary recovery method is no longer able to produce oil to the surface. Therefore, we need some methods to predict the calculation of waterflood performance base on characteristic of reservoir. This paper will compare the used of two methods of prediction, they are Dykstra-Parson method and Stiles method and the analysis of the accuracy of the calculation method in predicting waterflood performance in a field with inverted seven spot pattern. Both of these method is the classical method that assume some parameters same with reservoir condition. Based on the results of the calculation and analysis on a certain time period of waterflooding, obtained production percentage of errors from both of these methods compare with total production. The result on the methods of Dykstra-Parson gained 6% error and on the Stiles method gained 14% error. The study also will be analyzed the causes of errors of both the classical method.

Key Words : *Waterflood*, Dykstra-Parson Method , Stiles Method.

Pendahuluan

Injeksi air (*Waterflooding*) merupakan salah satu dari metode perolehan tahap lanjut yang banyak digunakan pada industri perminyakan saat ini. Penginjeksian air yang dimaksud adalah penambahan energi ke dalam reservoir melalui sumur-sumur injeksi, yaitu dengan menginjeksikan air melalui sumur injeksi. Air akan mendesak minyak mengikuti jalur-jalur arus (*stream line*) yang dimulai dari sumur injeksi dan berakhir pada sumur produksi setelah reservoir tersebut mendekati batas ekonomis produktif melalui perolehan tahap pertama. Dalam pelaksanaan injeksi air, keuntungan dari pelaksanaan *waterflood* dibandingkan dengan metode perolehan tahap kedua yang lainnya adalah tersedianya air dalam jumlah yang melimpah disekitar kita, air relatif mudah diinjeksikan dan mampu menyebar dalam reservoir, dan air lebih efisien dalam mendesak minyak dan menguntungkan secara ekonomis.

Air yang diinjeksikan melalui sumur injeksi akan mendesak minyak menuju sumur produksi. Mekanisme pendesakan minyak oleh air pada prinsipnya adalah bahwa air bergerak dari daerah saturasi air tinggi ke daerah saturasi air yang lebih rendah, karena itu air akan mendesak minyak dan mengubah daerah yang telah didesaknya menjadi bersaturasi air tinggi. Bagian reservoir yang terisi oleh air terus bertambah dan minyak terus berkurang, karena sebagian telah terproduksi. Air mendesak minyak dalam pori-pori batuan

dalam proses penginjeksian air. Terdapat dua konsep pendesakan yaitu, pendesakan yang berprinsip desaturasi (*leak piston like displacement*) dan pendesakan torak (*piston like displacement*). Prinsip desaturasi menganggap bahwa saturasi air di daerah zona minyak yang telah didesak bervariasi dari $(1 - S_{or})$ hingga S_{wf} . Harga saturasi air sebesar $(1 - S_{or})$ merupakan saturasi air pada batas (*front*) air-minyak. **Gambar A** adalah ilustrasi konsep pendesakan desaturasi sedangkan **Gambar B** adalah ilustrasi konsep pendesakan *piston like displacement*.

Pada operasi *waterflooding* sumur-sumur injeksi dan produksi umumnya dibentuk dalam suatu pola tertentu yang beraturan karena sistem pendesakannya adalah lateral yang membentuk zona transisi antara fluida pendesak dengan fluida yang didesaknya sehingga diterapkan pola sumur injeksi produksi yang teratur dimana bertujuan untuk menyapu secara maksimal fluida sisa (minyak) yang ada dalam reservoir.

Pola sumur dimana sumur produksi dikelilingi oleh sumur-sumur injeksi disebut dengan pola normal, sedangkan bila sebaliknya sumur-sumur produksi mengelilingi sumur injeksi disebut *pola inverted*. Pada lapangan yang menjadi tempat penelitian, pola sumur injeksi produksi dan injeksi yang diterapkan adalah pola like inverted seven spot seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar C**, yaitu pola dimana sumur injeksi berada ditengah dan dikelilingi oleh sumur produksi.

Dalam meramalkan kinerja injeksi air ada beberapa metode yang bisa digunakan. Dalam paper ini akan dibahas metode peramalan dengan metode pendekatan Dykstra-Parson dan metode Stiles. Metode Dykstra-Parson diperkenalkan pada tahun 1950. Dykstra-Parson menggunakan data laboratorium dan korelasi statistik yang diturunkan seperti menyusun hubungan grafis antara koefisien variasi permeabilitas (CPV), titik akhir mobilitas rasio (M), WOR rata-rata dan *coverage* (efisiensi penyapuan vertikal). Metode Dykstra-Parson dirancang untuk geometri reservoir yang sederhana guna membuat model matematis yang sesuai. Metode Dykstra-Parson ditemukan untuk sebuah lapisan reservoir yang rectangular yang terdiri dari "n" lapisan dengan sumber injeksi dan produksi diakhiri lapisan "n".

Metode Stiles adalah metode yang digunakan dalam peramalan perilaku produksi atau *performance* produksi setelah dilakukannya pekerjaan injeksi air pada suatu lapangan. Metode Stiles adalah metode yang fokus pada pengaruh reservoir *stratification* yang lebih mempertimbangkan perbedaan permeabilitas untuk setiap bed atau lapisan yang terdapat pada suatu *sand* yang diamati. Metode Stiles akan lebih fokus pada pergerakan *front flood* yang melewati *cross section* untuk menentukan besarnya laju produksi minyak maupun air serta besarnya kumulatif produksi yang diperoleh setelah dilakukan pekerjaan injeksi air.

Metodologi

Berikut adalah prosedur penyelesaian masalah pada penulisan paper ini :

1. Mengumpulkan data geologi, data reservoir, dan data produksi dan data injeksi dari lapisan untuk pola yang dianalisa (*Pattern Like Inverted – 7 Spot*).
2. Menghitung besarnya *coefficient permeability variation* (CPV) sebagai syarat untuk dapat menggunakan metode Dykstra-Parson dan metode Stiles.
3. Menghitung kinerja *waterflooding* dengan menggunakan metode prediksi yaitu metode Dykstra-Parson dan metode Stiles.
4. Tahap evaluasi *waterflooding* menggunakan metode prediksi adalah :
 - Menghitung prediksi kinerja injeksi air dengan menggunakan metode prediksi Dykstra-Parson dan metode Stiles.
 - Memplot hasil perhitungan prediksi dengan data produksi minyak sebenarnya atau aktual setelah proses injeksi.
 - Mengevaluasi hasil penyimpangan perilaku produksi minyak sebenarnya setelah injeksi dibandingkan dengan hasil metode prediksi.
 - Melakukan analisa secara umum pada satu lapisan yang diamati.
 - Menyimpulkan hasil evaluasi penyimpangan.
5. Menganalisa kinerja *waterflood* dan menghitung besarnya penyimpangan antara data produksi aktual dan hasil perhitungan dengan menggunakan metode Dykstra-Parson dan metode Stiles.
6. Melakukan analisa Hall-Plot untuk mengetahui kondisi sumur injeksi.

Proses penyelesaian masalah dalam penulisan paper ini juga dituangkan dalam suatu diagram alir atau *flow chart* yang menggambarkan tahapan yang dilakukan dalam menyelesaikan masalah sehingga diperoleh suatu kesimpulan dari hasil penelitian ini. Diagram alir atau flow chart tersebut dapat dilihat pada **Gambar D**.

Hasil dan Analisa

Analisa keberhasilan *waterflooding* pada pola *like inverted seven spot* di lapisan yang diamati dilakukan dengan cara menghitung selisih antara kumulatif produksi minyak aktual dengan kumulatif produksi minyak hasil perhitungan prediksi dengan menggunakan metode Dykstra-Parson dan metode Stiles, dari hasil plot grafik pada Gambar E bisa dilihat penyimpangan yang terjadi antara hasil kumulatif produksi minyak aktual dengan hasil prediksi. Dari analisa grafik juga bisa dilihat perbandingan antara metode Dykstra-Parson dan Stiles, dari kedua metode tersebut akan ada satu metode yang lebih mendekati kondisi aktualnya. Analisa pelaksanaan *waterflooding* dibandingkan dengan hasil prediksi ini bertujuan untuk mengetahui besarnya penyimpangan atau perbedaan antara data produksi minyak aktual dan hasil prediksi. Analisa ini diharapkan bisa menjadi acuan dan masukan untuk perencanaan *waterflooding* selanjutnya dilapangan lain serta bisa digunakan untuk melihat seberapa besar pengaruh penerapan *waterflooding* dalam peningkatan perolehan minyak.

Perbedaan hasil perhitungan antara metode prediksi dengan kondisi aktual diakibatkan oleh asumsi-asumsi yang digunakan dalam perhitungan tidak sesuai dengan kondisi reservoir maupun pelaksanaan operasional di lapangan. Metode Dykstra-Parson dan Stiles yang mengasumsikan model pendesakan adalah *piston like displacement* dimana sudah tidak ada minyak yang dapat diproduksi di belakang *front* selain *residual oil saturation*. Dalam kenyataannya mobilitas ratio lapisan yang besar yaitu 6,65 dan reservoir yang bersifat *oil wet* menyebabkan air lebih mudah bergerak dari pada minyak sehingga *water breakthrough* lebih cepat terjadi. Hal ini menyebabkan minyak masih tertinggal dan melekat pada pori-pori batuan sehingga setelah fluida di belakang *front* ikut terproduksi masih terdapat *moveable oil in place* yang tertinggal dan masih dapat diproduksi. Secara operational, pelaksanaan injeksi air yang dilakukan dilapangan tidak memberikan laju injeksi yang konstan, hal ini sangat bertentangan dengan asumsi yang digunakan dalam perhitungan kinerja *waterflood* dengan menggunakan metode prediksi seperti Dykstra-Parson dan Stiles yang mengasumsikan laju injeksi konstan. Untuk mengatasi hal tersebut maka laju injeksi yang digunakan pada perhitungan kinerja *waterflood* merupakan hasil perata-rataan laju injeksi pada sumur injeksi.

Analisa penyimpangan perilaku produksi minyak dengan metode prediksi Dykstra-Parson dan metode Stiles diketahui bahwa perhitungan dengan menggunakan metode Dykstra-Parson lebih mendekati kondisi yang sebenarnya dibandingkan dengan metode Stiles untuk pola yang dianalisa. Metode Stiles yang memperhitungkan variasi permeabilitas hanya secara vertikal untuk setiap kedalaman secara rinci dengan mengasumsikan hal-hal yang ideal sehingga *output* dari prediksi menggunakan metode ini akan lebih mendekati kondisi ideal dan memberikan hasil prediksi yang sangat optimis, sehingga metode Stiles akan menyimpang lebih jauh dari kondisi sebenarnya jika dibandingkan dengan metode Dykstra-Parson yang juga memperhatikan variasi permeabilitas secara vertikal maupun horizontal namun tidak melakukan pengamatan untuk setiap bed pada satu layer tersebut. Oleh karena itu, berdasarkan hasil perhitungan pada pola yang diamati dapat disimpulkan bahwa metode Dykstra-Parson lebih *predictable* dibandingkan dengan metode Stiles. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh harga % error untuk masing-masing metode pada pola yang diamati. % error hasil perhitungan dengan metode Dykstra-Parson yaitu 6 % dan metode Stiles yaitu 14 %. Selisih hasil perhitungan yang cukup besar menandakan bahwa metode-metode ini kurang cocok digunakan untuk meramalkan kinerja *waterflood* pada pola yang dianalisa di lapisan yang dianalisa, sehingga perlu dilakukan peramalan dengan menggunakan simulasi reservoir yang lebih akurat jika dibandingkan dengan metode-metode ini.

Metode pendekatan dalam meramalkan kinerja *waterflood* tidak akan memberikan hasil peramalan yang sama, oleh karena itu dalam penulisan paper ini akan dibandingkan metode peramalan kinerja produksi yang lebih realistis yang mendekati keadaan yang sebenarnya. Dari hasil analisa grafik sangat jelas terlihat bahwa metode pendekatan Dykstra-Parson lebih realistis jika dibandingkan dengan metode Stiles.

Pada penyelesaian masalah dalam paper ini, ada beberapa asumsi yang digunakan untuk mempermudah proses perhitungan, asumsi lapisan linier dan tidak ada *up dip* ataupun *down dip* adalah merupakan salah satu alasan mengapa terjadi perbedaan antara kumulatif produksi minyak hasil perhitungan dengan metode Dykstra-Parson, Stiles dan kumulatif produksi aktualnya. Beberapa asumsi yang digunakan dalam penyelesaian paper ini diambil karena keterbatasan data yang tersedia pada pola yang diamati, akan tetapi asumsi yang digunakan adalah asumsi – asumsi yang bisa mewakili kondisi sebenarnya. Asumsi – asumsi ini akan mempengaruhi perolehan % error dari hasil perhitungan, sehingga diusahakan asumsi yang digunakan adalah asumsi yang bisa mengurangi % error perhitungan.

Dari analisa Hall-Plot yang dilakukan untuk melihat kondisi sumur injeksi, diperoleh hasil bahwa pada pola yang diamati kondisi sumur injeksi adalah normal injector tanpa adanya masalah *plugging* pada sumur injeksi tersebut. Hal ini bisa dilihat dari kurva Hall-Plot yang merupakan hasil plot antara kumulatif air injeksi dan

kumulatif tekanan injeksi pada **Gambar F**. Hal tersebut juga didukung oleh adanya peta struktur geologi dari lapangan yang diamati **Gambar G** yang menunjukkan bahwa tidak terdapat patahan ataupun sesar pada lapisan tersebut sehingga air yang diinjeksikan tetap berada pada pola tersebut dan tidak keluar dari zona injeksi.

Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan hasil analisa grafik yang telah dilakukan untuk pola yang diamati, maka ada beberapa hal yang bisa disimpulkan dari penulisan skripsi ini, adapun hal-hal tersebut adalah :

1. Besarnya faktor penyimpangan kumulatif produksi minyak antara hasil perhitungan menggunakan metode pendekatan Dykstra-Parson dan metode Stiles dengan data produksi aktual adalah 6 % dan 14 %.
2. Besarnya penyimpangan kumulatif produksi minyak aktual terhadap kumulatif produksi minyak hasil prediksi dengan metode Dykstra-Parson dan metode Stiles disebabkan oleh asumsi-asumsi yang digunakan dalam perhitungan dengan metode-metode tersebut yang tidak sesuai dengan kondisi reservoir yang sebenarnya.
3. Metode Dykstra-Parson mempunyai % error yang lebih kecil dibandingkan metode Stiles, hal ini disebabkan pengamatan dengan metode Stiles yang dilakukan secara rinci dengan mengasumsikan hal-hal yang ideal sehingga memberikan hasil perhitungan yang lebih optimis dan mendekati kondisi ideal.
4. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang telah dilakukan, metode Dykstra-Parson dan metode Stiles kurang tepat digunakan untuk menganalisa kinerja *waterflood* pada pola yang dianalisa, sehingga metode lain yang lebih akurat dan dapat digunakan untuk memperkirakan adalah metode simulasi reservoir.
5. Berdasarkan hasil pengamatan kondisi sumur injeksi dengan metode Hall-Plot, Sumur injeksi RH-055 pada *Pattern Like Inverted – 7 Spot* ini adalah normal injektor.

Rekomendasi

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, ada beberapa rekomendasi yang bisa saya ajukan yaitu :

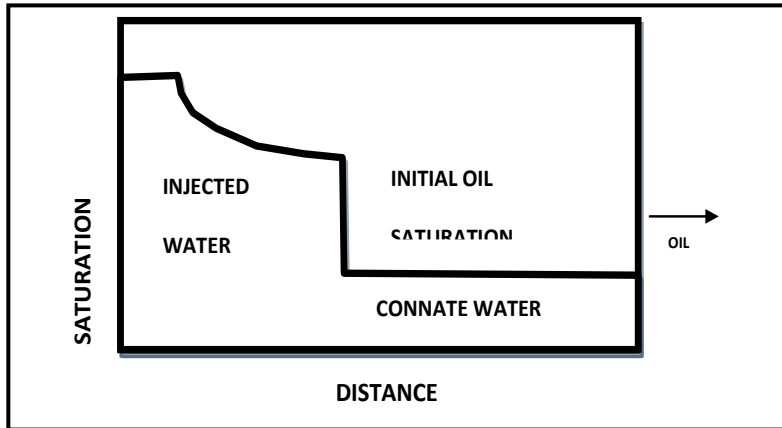
1. Untuk memprediksikan kinerja *waterflood* pada area yang diamati bahkan pada lapangan yang diamati lebih baik menggunakan metode simulasi reservoir, karena metode pendekatan lain tidak memberikan hasil prediksi yang mendekati produksi aktual yang akan kita peroleh.
2. Produksi aktual yang kita peroleh lebih kecil dari produksi prediksi yang telah dihitung, oleh karena itu perlu adanya studi optimasi *waterflood* untuk menguras kembali minyak yang masih tersisa di dalam reservoir.
3. Untuk melihat keefektifan suatu metode perhitungan klasik perlu dilakukan prediksi dengan menggunakan bantuan simulator yaitu simulasi reservoir.
4. Dalam pelaksanaannya, pola yang dibentuk menyerupai pola teratur yaitu *like inverted 7 – spot* tidak memberikan hasil yang maksimal, sehingga perlu dilakukan perbaikan pola injeksi menjadi pola yang teratur dengan mengkonversi kembali sumur sumur produksi menjadi sumur injeksi yang berada disekitar area yang diamati.

Daftar Pustaka

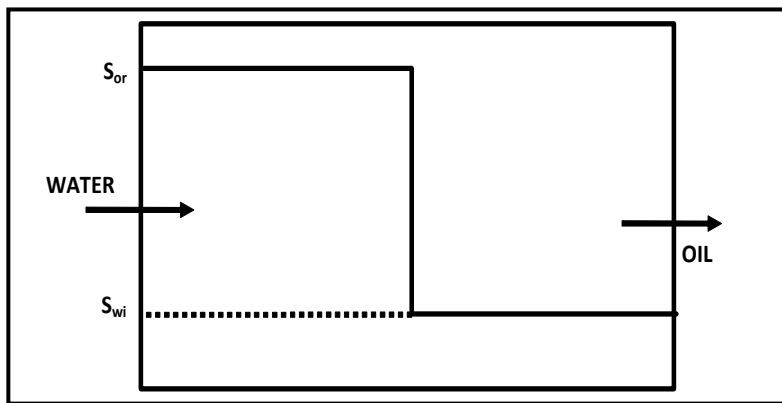
1. Ahmed Tarek “*Advanced Reservoir Engineering*” 3rd Edition, Gulf Professional Publishing, Elsevier, USA, 2005.
2. Ahmed, Tarek : ” *Principle of Waterflooding Chapter 14* “, Gulf publishing company, 2006.
3. Craig, Jr., 1971. “*The Reservoir Engineering Aspect of Waterflooding*”, Ameco Production Company SPE of AIME, New York, 1971.
4. Lee John, W., “*Waterflooding Industry School*”, Volume I dan Volume II, 1985.
5. Willhite Paul.G, Green W. Don “*Waterflooding*”, SPE Richardson, Texas, 1998.
6. Willhite Paul.G, “*Enhanced Oil Recovery*”, Proffesor of Chemical and Petroleum Engineering University of Kansas, Kansas, 1986.

7., "Data Lapangan Duri", *Asset Management Team* Duri. PT. Chevron Pacific Indonesia, Duri, 2012.
8. Arsip AMT, PT Chevron Pacific Indonesia
9., "*Waterflooding Course Module*", *Asset Management Team* Duri. PT. Chevron Pacific Indonesia, Duri, 2010.

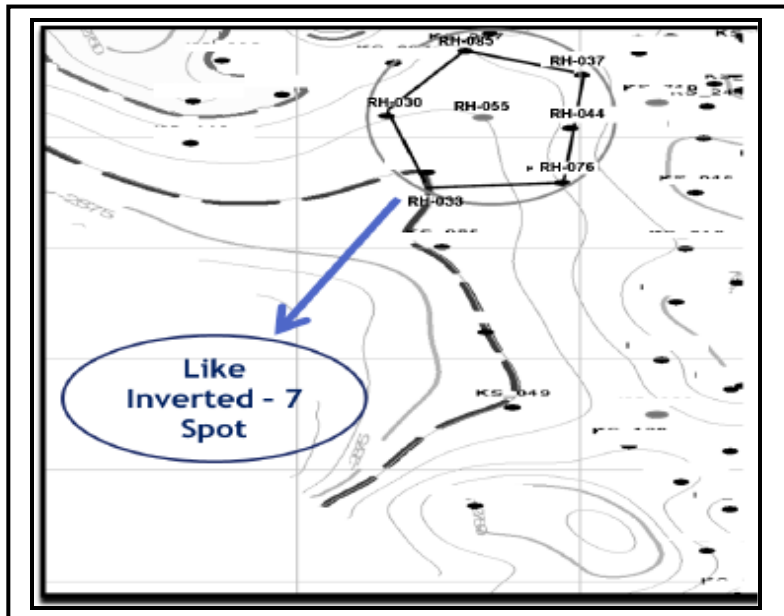
Lembar Gambar :



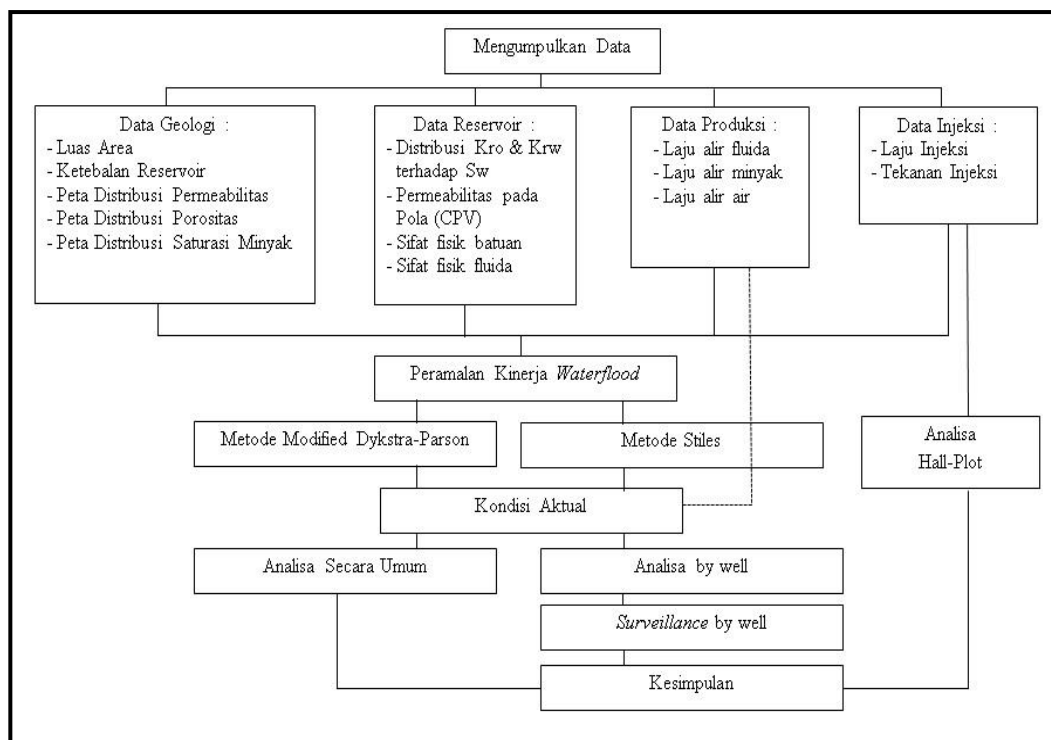
Gambar A. Konsep Pendesakan Desaturasi



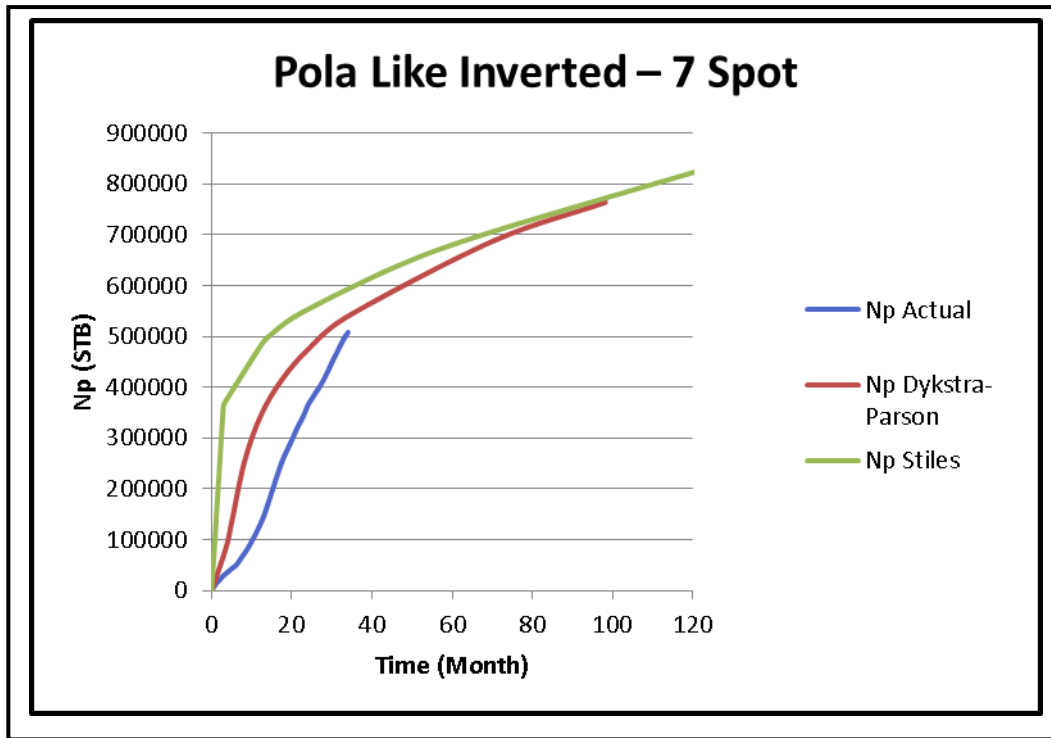
Gambar B. Konsep Pendesakan *Piston Like Displacement*



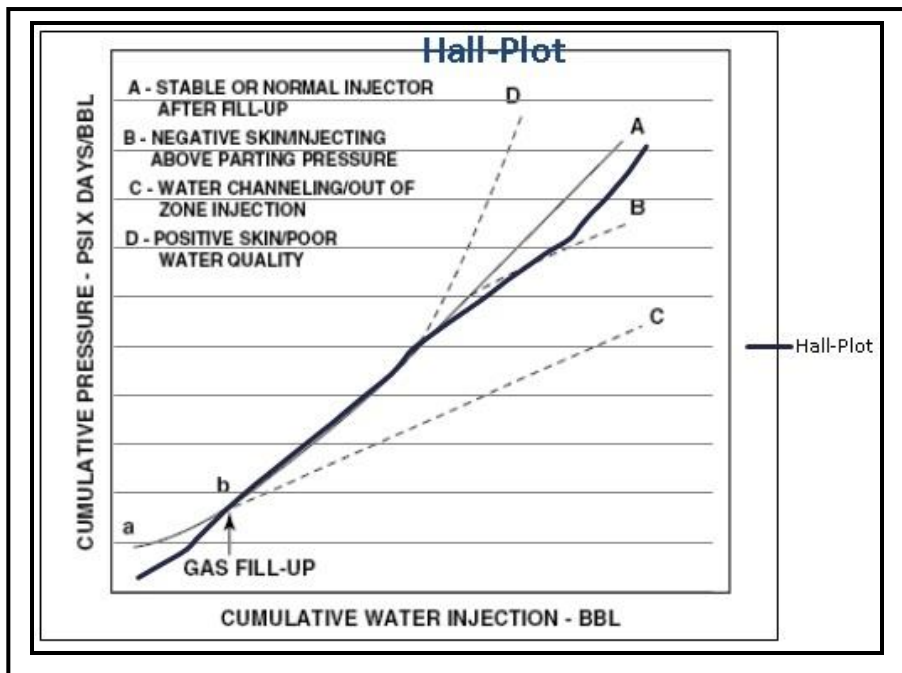
Gambar C. Pola Sumur Injeksi-Produksi Lapangan "A"



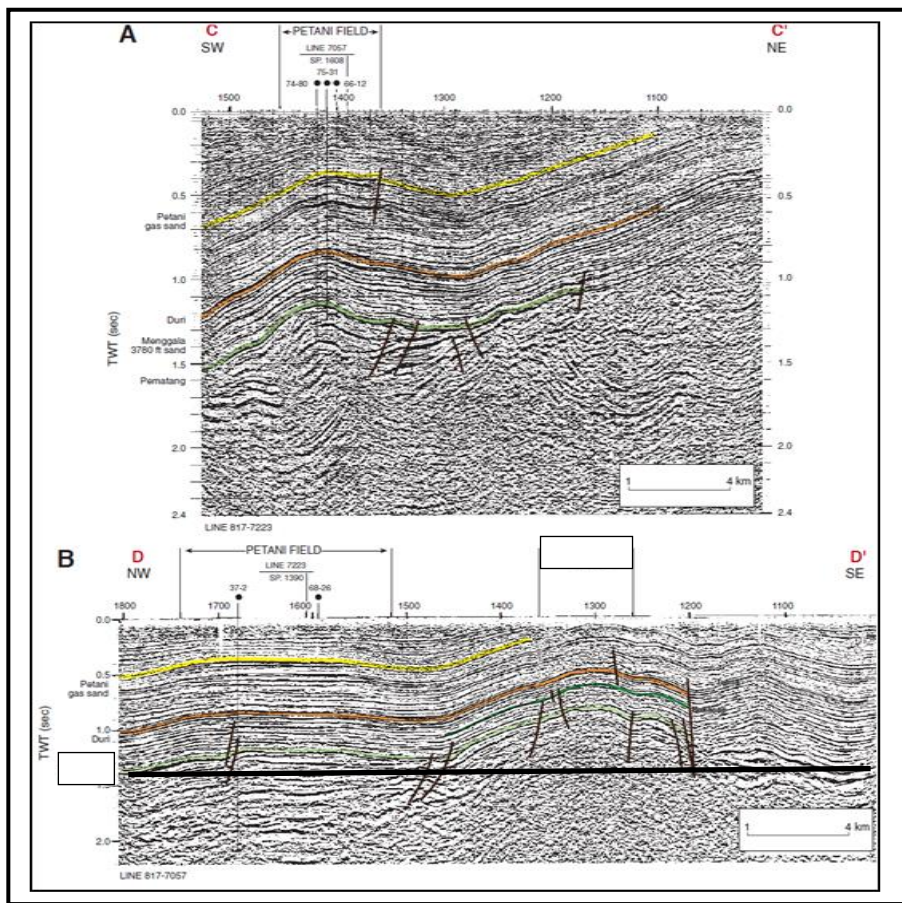
Gambar D. Diagram Alir Penelitian



Gambar E. Grafik Perbandingan Kumulatif Produksi vs Time



Gambar F. Kurva Hall-Plot Sumur Injeksi



Gambar G. Struktur Geologi Lapangan