

## **ANALISIS SIFAT PATAHAN (*SEALING-LEAKING*) BERDASARKAN DATA TEKANAN, *DECLINE CURVE*, DAN *CONNECTIVITY INJECTION* PADA LAPANGAN DIMA**

Alfredo, Djoko Sulistyanto  
Program Studi Teknik Perminyakan – Universitas Trisakti

### **Abstrak**

Lapangan DIMA merupakan salah satu lapangan minyak di Cekungan Sumatera Selatan dan terletak di Provinsi Jambi. Lapangan ini merupakan lapangan tua, oleh karena itu untuk memaksimalkan produksinya saat ini tengah dilakukan proses penginjeksian atau biasa dikenal dengan EOR (*Enhanced Oil Recovery*). Proses injeksi yang dilakukan berupa injeksi air atau *waterflood*. Untuk dapat melaksanakan proses EOR tersebut diperlukan perencanaan yang lengkap untuk pengembangan lapangan tersebut, hal ini dinamakan POFD (*Plan of Further Development*). Dalam POFD, pemilihan *pattern* injeksi menjadi dasar penting proses ini dan salah satu syaratnya ialah mengetahui potensi sifat patahan *sealing* (menahan aliran fluida) atau *leaking* (mengalirkan fluida) yang ada pada lapangan tersebut. Untuk melihat potensi *sealing-leaking* tersebut penulis menggunakan tiga metode yakni analisis data tekanan, analisis *decline curve* dan *connectivity injection*. Analisis data tekanan dilakukan dengan cara melihat perbandingan penurunan tekanan berdasarkan data sumur-sumur pada blok yang saling bersebelahan. Apabila penurunan tekanannya membentuk tren yang sama maka dapat diketahui potensi patahan yang memotong kedua blok tersebut bersifat *leaking* dan begitupun sebaliknya. Sedangkan, Analisis *decline curve* dilakukan dengan menggunakan *software* DSS (*Dynamic Surveillance System*) untuk membandingkan penurunan *decline rate* antar blok yang dipisahkan oleh patahan yang ingin diuji. Apabila nilai *decline rate* pada kedua blok memiliki perbedaan yang tidak terlalu signifikan maka dapat dikatakan bahwa patahan yang memisahkan kedua blok bersifat *leaking* dan begitupun juga dengan sebaliknya. Metode *connectivity injection* juga menggunakan *software* DSS dengan melihat hubungan atau konektivitas antara sumur injeksi dan sumur produksi yang berada diantara patahan yang diuji. Hal ini dilakukan dengan cara melihat adanya perubahan pada data produksi karena pengaruh proses injeksi. Apabila terdapat konektivitas antara sumur injeksi dan sumur produksi, maka dapat dikatakan bahwa patahan tersebut bersifat *leaking*. Tetapi jika proses injeksi tidak berpengaruh terhadap data produksi, maka dapat dikatakan patahan tersebut bersifat *sealing*. Dari hasil analisis data tekanan, analisis *decline curve*, dan *connectivity injection* dapat dilihat serta dibandingkan bahwa jika hasil ketiga analisis ini saling mendukung maka dapat diperoleh kesimpulan mengenai sifat patahan yang diuji apakah bersifat *sealing* atau *leaking*. Data hasil analisis tersebut digunakan sebagai salah satu justifikasi dalam pembuatan *pattern* injeksi.

### **Pendahuluan**

Lapangan DIMA merupakan lapangan minyak yang terletak di Jambi, Sumatra Barat, Indonesia dengan jumlah sumur sebesar 293 sumur dan termasuk ke dalam wilayah kerja Pertamina EP Asset I Region Sumatra. Lapangan DIMA ini adalah salah satu lapangan tua di Indonesia karena ditemukan pada tahun **1929 dan telah diproduksi sejak zaman kolonial hingga saat ini. Dengan kebutuhan energi nasional dalam hal ini dari industri migas yang masih sangat besar maka untuk memenuhinya salah satunya** dengan melakukan peningkatan produksi sumur-sumur lapangan tua dengan didorong melalui *Enhanced Oil Recovery* (EOR). Saat ini Lapangan DIMA sendiri telah dilakukan proses EOR. Jenis EOR yang dilakukan pada lapangan tersebut yakni injeksi air yang telah dilakukan mulai tahun 1991 dan hingga saat ini masih berlangsung. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk memaksimalkan proses injeksi air yang dilakukan dan juga dapat digunakan pula dalam penerapan jenis EOR lainnya yang akan dilakukan di masa mendatang. Dalam penerapan EOR diperlukan juga *Plan of Further Development* (POFD) yang merupakan rancangan lanjutan dalam proses EOR itu sendiri. Dalam POFD banyak aspek yang perlu diperhatikan diantaranya dengan mempelajari kembali karakteristik reservoir dan perilakunya. Salah satu yang perlu diperhatikan ialah adanya patahan atau sesar pada reservoir tersebut karena sangat mempengaruhi produksi

minyak dan gas serta mempengaruhi proses injeksi saat proses EOR. Hal ini terjadi akibat dari sifat dan kemampuan sesar atau patahan dalam mengalirkan (*leaking*) atau menahan (*sealing*) aliran fluida. Oleh karena itu pemahaman mengenai sesar atau patahan baik itu *sealing* maupun *leaking* sangatlah diperlukan sebelum pemilihan kandidat sumur injeksi atau produksi sehingga penempatan sumur dapat dilakukan dengan tepat dan memperkecil resiko kesalahan yang terjadi.

### **Perumusan Masalah**

Untuk memaksimalkan proses injeksi air pada lapangan, perlu diketahui parameter – parameter yang mempengaruhi data POFD. Salah satunya dengan mengetahui sifat patahan pada lapangan tersebut. Maka dari itu perlu dilakukan analisis patahan (*sealing-leaking*) sebagai dasar pertimbangan pada saat pembuatan atau pemilihan *pattern* injeksi.

### **Maksud dan Tujuan Penelitian**

Penggunaan data produksi dalam metode analisis tekanan, decline curve dan connectivity injection akan semakin melengkapi pendekatan yang telah dilakukan secara geologi untuk memperoleh data yang lebih akurat untuk mengoptimisasi proses EOR yang akan dilakukan.

### **Tinjauan Pustaka**

#### **Sesar**

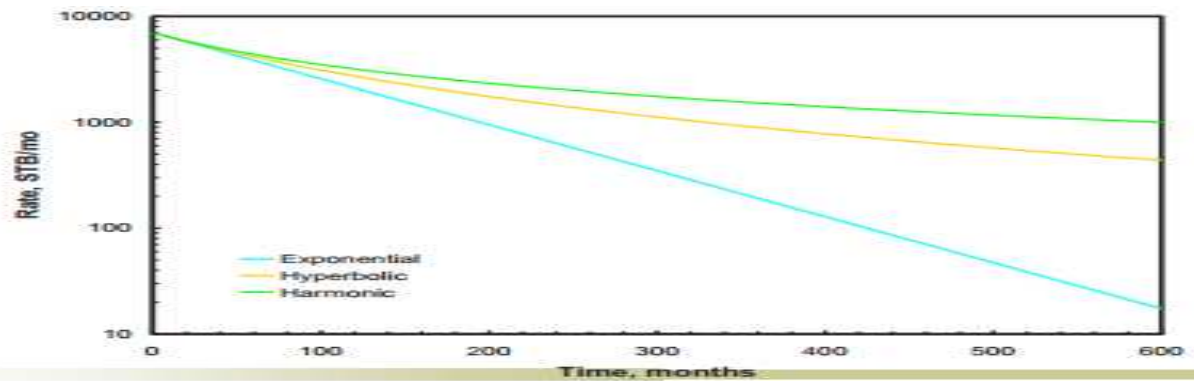
Sesar atau patahan merupakan rekahan pada batuan yang telah mengalami pergeseran melalui bidang rekahnya. Pergeseran tersebut dapat bersifat mendatar, miring, naik ataupun turun. Ada beberapa jenis sesar berdasarkan mekanisme pergerakannya yang dijelaskan menurut Anderson yakni sesar normal, sesar naik dan sesar mendatar. Sesar normal (*normal fault*) adalah sesar yang bagian *hanging wall*-nya bergerak cenderung turun jika dibandingkan dengan bagian *footwall*-nya. Sedangkan yang dimaksud dengan sesar naik (*reverse fault*) adalah sesar yang bagian *hanging wall*-nya relatif bergeser ke arah atas jika dibandingkan dengan blok *footwall*-nya. Sesar mendatar (*strike-slip fault*) adalah jenis patahan yang dimana bagian antar patahannya bergeser secara horizontal. Sesar mendatar dalam skala yang besar disebut juga dengan *wrench*.

Kesejajaran batuan dan material dalam zona sesar yang terbentuk akibat sesar mempengaruhi aliran fluida dalam reservoir yang terpatahkan, hal ini dikemukakan oleh Smith. Konsep kesejajaran litologis merupakan salah satu hal yang diutamakan dalam eksplorasi hidrokarbon.

#### **Metode Decline Curve Analysis**

Metode *decline curve* merupakan salah satu metode untuk memperkirakan besarnya cadangan minyak berdasarkan data-data produksi setelah selang waktu tertentu. Syarat utama pemakaian metode ini adalah laju produksi telah menurun yang disebabkan oleh keadaan reservoir bukan karena turunnya kemampuan alat produksi. Penurunan laju produksi dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya adalah mekanisme pendorong, tekanan, sifat fisik batuan dan fluida reservoir.

Pada dasarnya perkiraan jumlah cadangan hidrokarbon, yaitu minyak atau gas menggunakan metode *decline curve* adalah untuk memperkirakan hasil ekstrapolasi (penarikan garis) yang diperoleh dari suatu kurva yang dibuat berdasarkan hasil *plot* antara data produksi atau produksi kumulatif terhadap waktu produksinya.

Gambar 3.6 Tipe *Decline Curve*

### Injeksi Air

Pada lapangan yang sudah melewati batas *primary recovery*-nya, dilakukan optimasi produksi dengan cara yang lain salah satunya adalah injeksi air (*water flooding*). Mekanisme kerjanya adalah dengan menginjeksikan air ke dalam formasi yang berfungsi untuk mendesak minyak menuju sumur produksi (produser) sehingga akan meningkatkan produksi minyak ataupun dapat juga berfungsi untuk mempertahankan tekanan reservoir (*pressure maintenance*)

### Connectivity Injection

*Connectivity injection* merupakan metode untuk melihat hubungan antara sumur produksi dan sumur injeksi. Hal tersebut dilakukan untuk menganalisis efek positif dan negatif secara radial dari sumur injeksi terhadap sumur produksi dengan melihat beberapa parameter yang berkaitan dengan kedua objek tersebut. Beberapa poin yang perlu diperhatikan dalam pengujian konektivitas ini adalah

- Tekanan reservoir
- *Rate* produksi minyak
- *Rate* injeksi
- *Gross* produksi
- *Water cut*

Pengujian dilakukan dengan mengamati sumur injeksi air dan sumur produksi yang terdapat pada zona atau lapisan aktif yang sama dengan periode waktu pengamatan yang telah ditentukan.

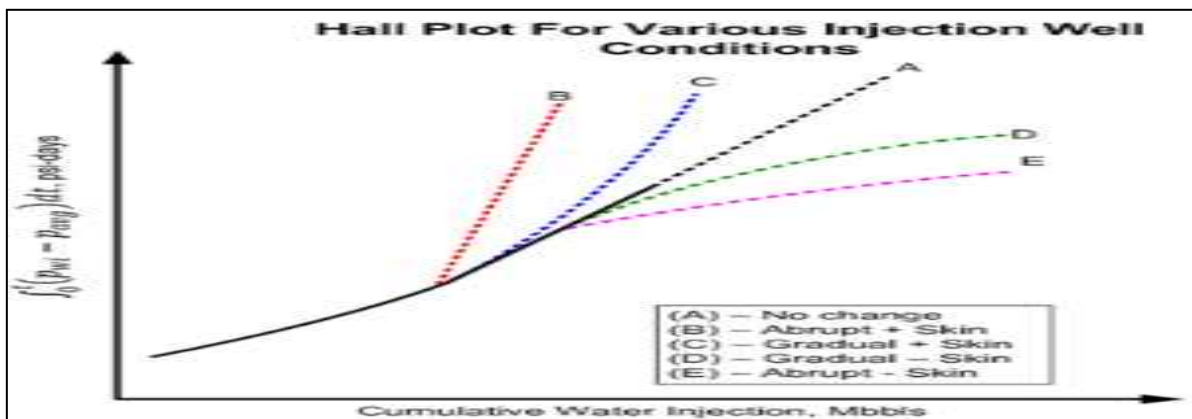
Pengujian dilakukan dengan mengamati sumur injeksi air dan sumur produksi yang terdapat pada zona atau lapisan aktif yang sama dengan periode waktu pengamatan yang telah ditentukan. Ada beberapa hal yang diperlihatkan melalui sumur produksi apabila sumur produksi dan sumur injeksi saling terkoneksi setelah proses penginjeksian, antara lain:

- Produksi minyak bertambah secara signifikan dengan penurunan *water cut*.
- Produksi *gross* naik secara signifikan tanpa adanya perubahan *choke valve*.
- Peningkatan produksi air yang signifikan beberapa saat setelah penginjeksian dan adanya *water breakthrough*.
- Tren data produksi dan injeksi air memiliki kemiripan.

### Analisis *Hall Plot*

*Hall Plot* menganalisis aliran stabil pada sumur injeksi. Secara umum, kemiringan pada kurva *Hall Plot* digunakan sebagai indikator rata-rata injektivitas sumur. Pada kondisi normal, *plot* merupakan sebuah garis lurus. Lekukan pada *plot* menunjukkan adanya perubahan dari kondisi injeksi. Pada tahun 1963, Hall menggunakan teknik ini untuk menginterpretasikan data injeksi sumur yang dikumpulkan secara rutin untuk menarik kesimpulan terkait efek *skin* pada lubang bor dan kinerja injektivitas rata-rata. Data yang dibutuhkan dalam analisis *Hall Plot* adalah:

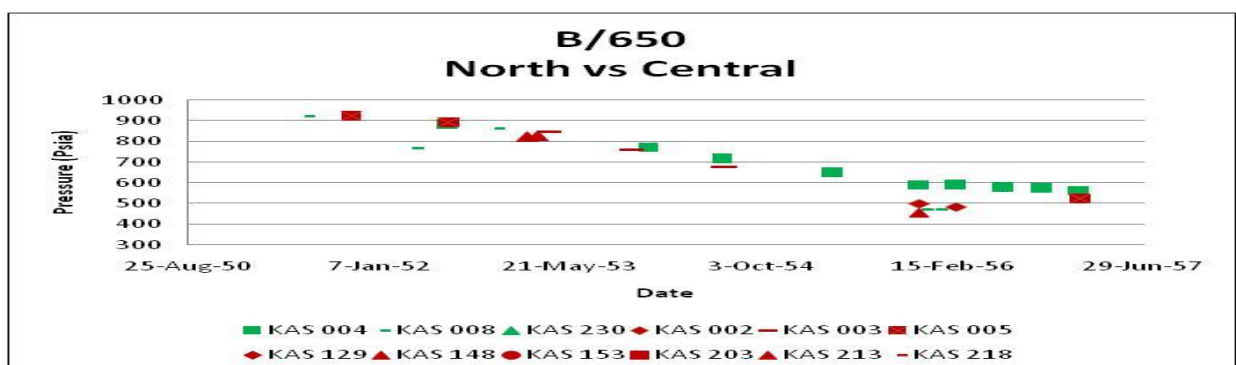
- *Bottom-hole injection pressures* (rata-rata bulanan)
- Rata-rata tekanan reservoir
- Volume *water injection* (bulanan)
- Jumlah hari injeksi dalam 1 bulan



Gambar 3.11 Karakteristik Kurva *Hall-Plot*

### Hasil dan Pembahasan

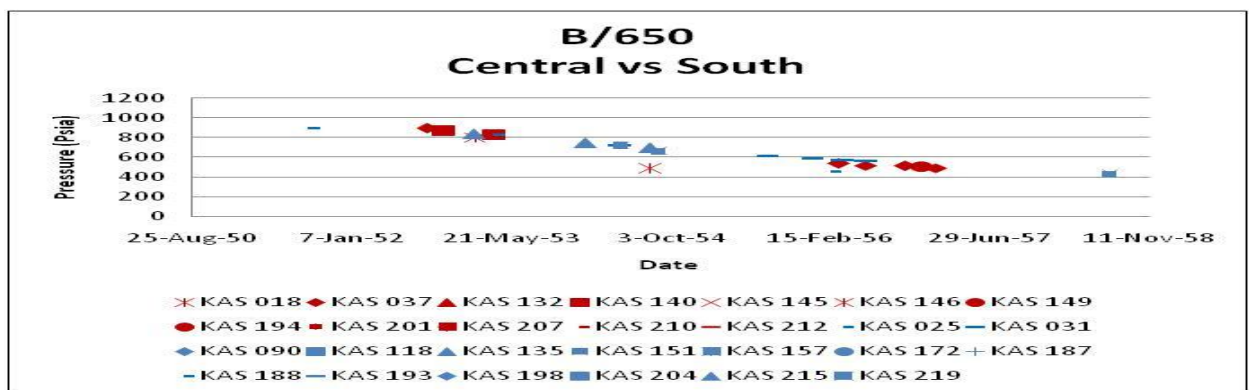
Penelitian tugas akhir ini membahas tentang analisis sifat patahan apakah bersifat *sealing* atau *leaking*. Hal ini dilakukan dengan menggunakan tiga metode yakni analisis data tekanan, analisis *decline curve*, dan *connectivity Injection*. Ketiga metode tersebut diterapkan pada Lapangan DIMA pada dua *layer* yang berbeda yakni *layer* B/650 dan *layer* N/990. Patahan yang dianalisis merupakan *upper fault* dan *lower fault*. Analisis tekanan dilakukan pertama kali untuk *layer* B/650 dengan cara membandingkan data tekanan sumur-sumur pada blok *North* dan *Central-North* dengan melihat plot grafik waktu terhadap tekanan dari masing-masing blok yang dibedakan berdasarkan warna yakni warna hijau untuk blok *North* dan warna merah blok *Central-North*.



Gambar 4.1 Grafik Penurunan Tekanan *North vs Central-North Layer* B/650

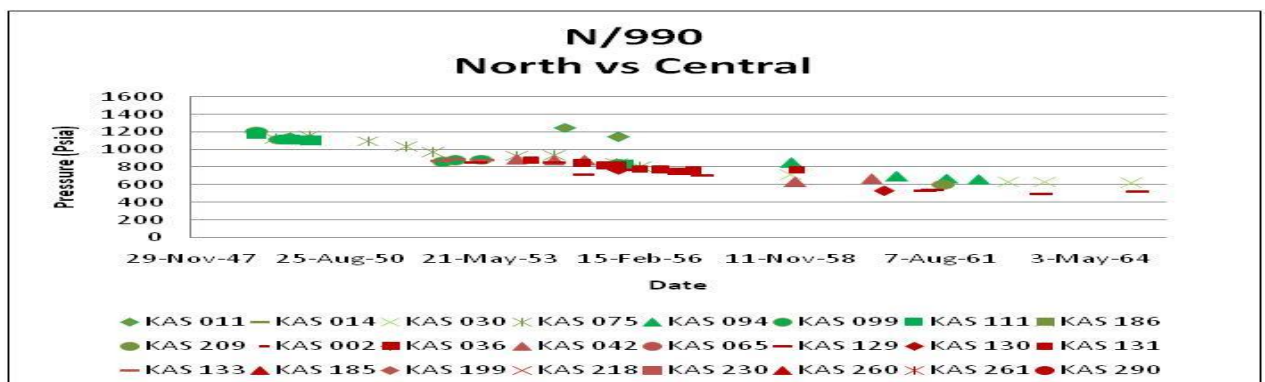
Dari plot kedua grafik tersebut dapat dilihat bahwa penurunan tekanan pada kedua blok tersebut memiliki kemiripan yang sama. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa *upper fault* yang memisahkan blok *North* dan blok *Central-North* pada *layer B/650* bersifat *leaking*.

Penelitian yang kedua yang dilakukan pada *layer B/650* adalah membandingkan data tekanan sumur-sumur pada blok *Central-South* dengan blok *South* dengan melihat plot grafik dari masing-masing blok yang dibedakan berdasarkan warna yaitu warna merah untuk blok *Central-South* dan warna biru untuk blok *South*. Dari plot kedua grafik tersebut memperlihatkan bahwa penurunan tekanan untuk blok *Central-South* dan blok *South* memiliki tren yang sama, sehingga dapat dikatakan *lower fault* (patahan yang membatasi bidang blok *Central-South* dan blok *South*) untuk *layer B/650* bersifat *leaking*.



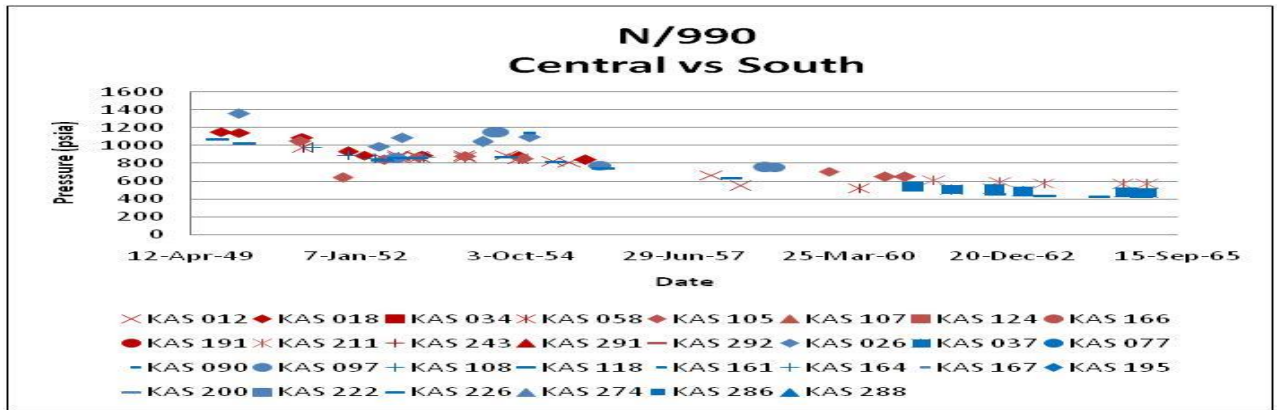
Gambar 4.2 Grafik Penurunan Tekanan *Central-South vs South Layer B/650*

Analisis tekanan juga dilakukan pada *layer N/990* dengan membandingkan tren penurunan tekanan blok *North* dan blok *Central-North* pada *layer* ini. Hal ini dilakukan dengan cara melihat hasil plot grafik dari masing-masing blok yang dibedakan berdasarkan warna yakni warna hijau untuk mewakili tekanan sumur-sumur pada blok *North* dan warna merah yang mewakili tekanan sumur-sumur pada blok *Central-North* sehingga dari hasil plot tersebut dapat dilihat bahwa blok *North* dan blok *Central-North* memiliki tren penurunan tekanan yang sama.



Gambar 4.3 Grafik Penurunan Tekanan *North vs Central-North Layer N/990*

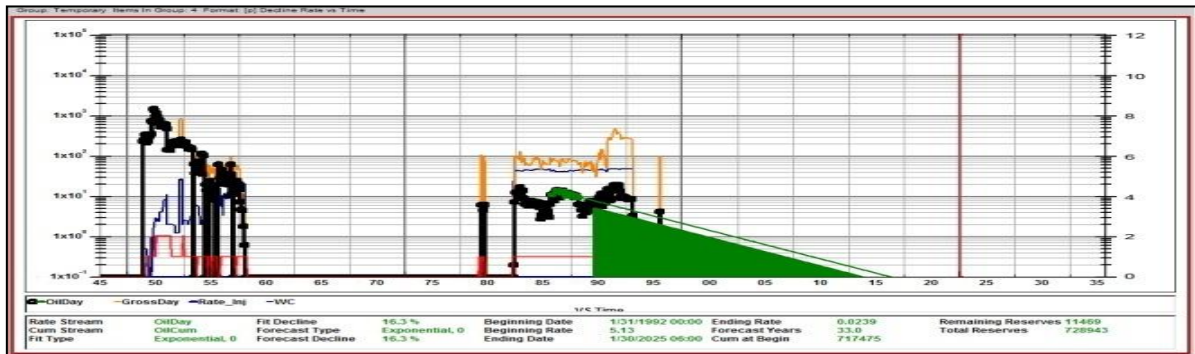
Maka dapat dikatakan bahwa *upper fault* (patahan yang membatasi blok *North* dan blok *Central-North*) bersifat *leaking*. Selain itu penulis juga membandingkan tren penurunan tekanan pada blok *Central-South* dan blok *South* dengan cara melihat grafik waktu vs tekanan dari plot data tekanan masing-masing blok pada *layer N/990*.



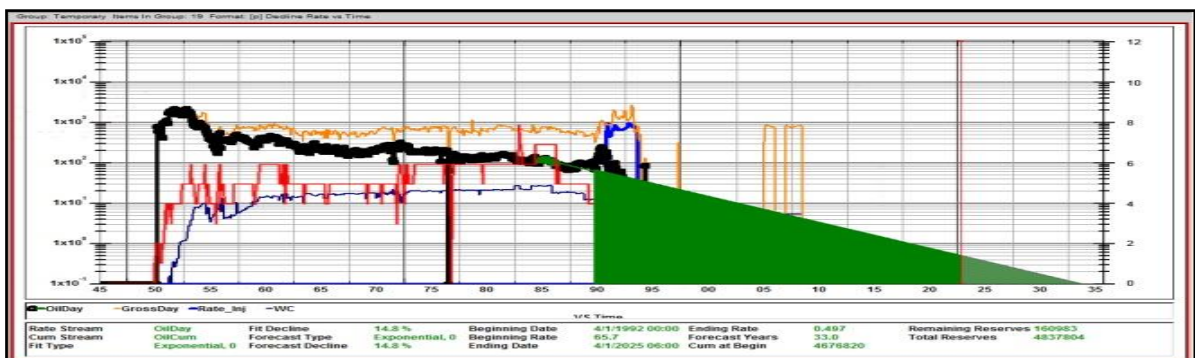
Gambar 4.4 Grafik Penurunan Tekanan *Central-South vs South Layer N/990*

Dari plot kedua grafik yang dibedakan dengan warna merah untuk blok *Central-South* dan warna biru untuk blok *South* memperlihatkan bahwa kedua grafik penurunan tekanan memperlihatkan tren yang sama sehingga dapat dikatakan bahwa *lower fault* yang membatasi blok *Central-South* dan blok *South* bersifat *leaking*. Selain menggunakan analisis tekanan, penelitian ini juga menggunakan *decline curve analysis* dengan *software* DSS. Pada lapisan B/650, penentuan sifat patahan pada *upper fault* dilakukan dengan cara membandingkan *decline rate* dari blok *North* dan *Central-North*.

Dari masing-masing blok dengan *software* DSS ini memberikan nilai *decline rate* sebesar 16.3% untuk blok *North* dan 14.8% untuk blok *Central-North* sehingga *upper fault* yang membatasi kedua blok dapat dikatakan bersifat *leaking* karena perbedaan nilainya tidak signifikan (<3%).



Gambar 4.5 *Decline Curve* Blok *North Layer B/650*

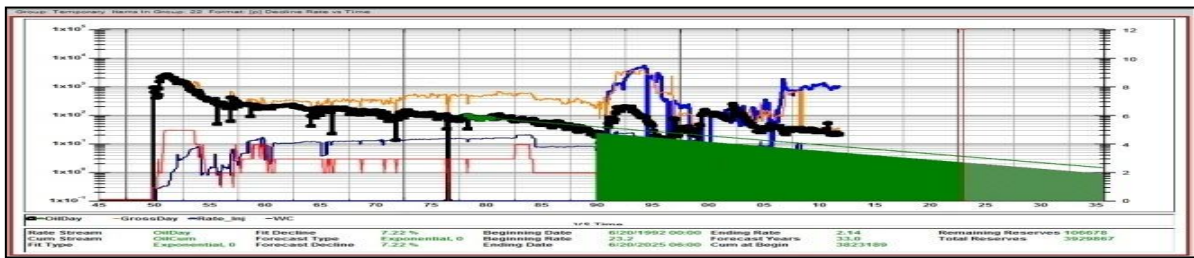


Gambar 4.6 *Decline Curve* Blok *Central-North Layer B/650*

Sedangkan, untuk *lower fault* yang membatasi bidang *Central-South* dan *South* memiliki nilai *decline rate* untuk masing-masing blok sebesar 7.22% dan 8.68% sehingga dapat



dikatakan bahwa *lower fault* tersebut bersifat *leaking* karena perbedaan *decline rate*-nya tidak terlalu signifikan (<3%).

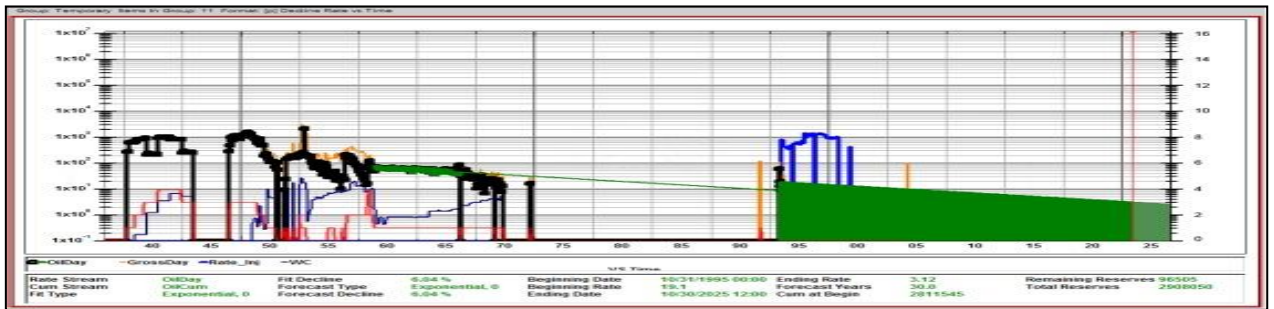


Gambar 4.7 Decline Curve Blok Central-South Layer B/650

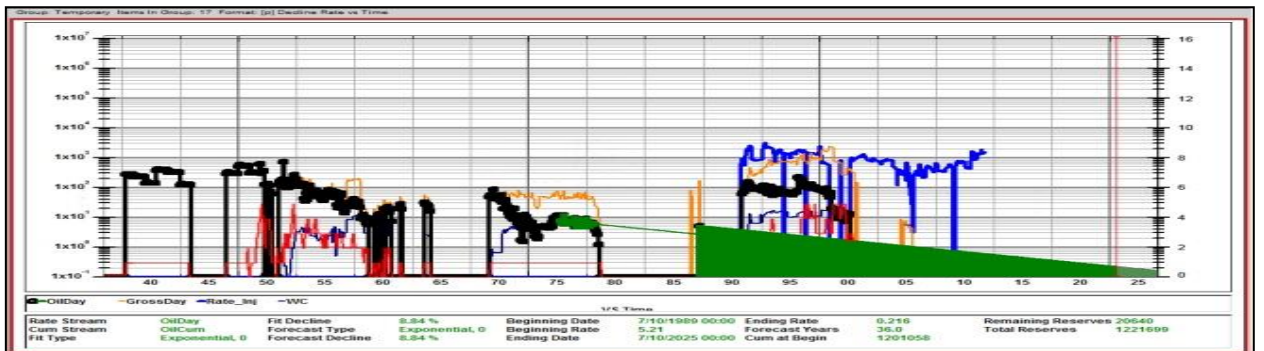


Gambar 4.8 Decline Curve Blok South Layer B/650

*Decline curve analysis* menggunakan *software* DSS juga dilakukan untuk melihat sifat *upper fault* dan *lower fault* pada *layer* N/990. Blok *North* dan *Central-North* yang dibatasi oleh *upper fault* memiliki nilai *decline rate* sebesar 6.22% dan 8.84% sehingga sifat patahan tersebut dapat dikatakan *leaking* karena perbedaan nilai *decline rate*-nya tidak terlalu signifikan (<3%).



Gambar 4.9 Decline Curve Blok North Layer N/990

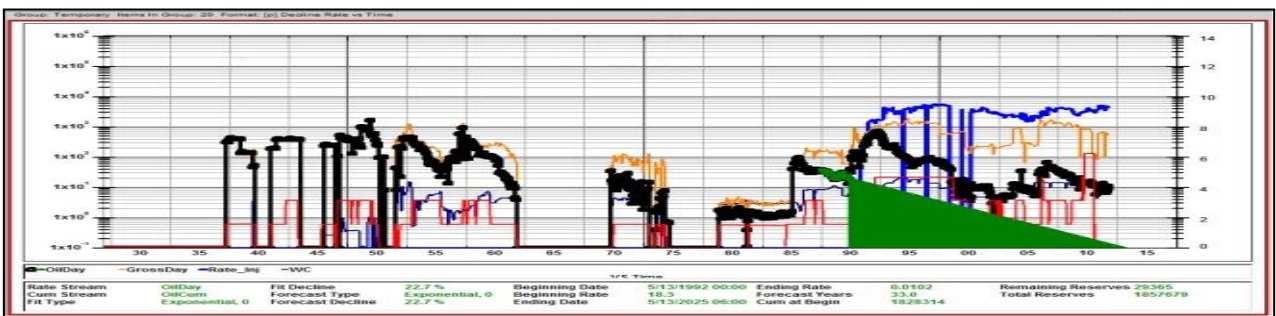


Gambar 4.10 Decline Curve Blok Central-North Layer N/990

Blok *Central-South* dan blok *South* yang dibatasi *lower fault* memiliki *decline rate* masing-masing sebesar 20.9% dan 22.7% sehingga patahan tersebut bersifat *leaking* karena memiliki perbedaan nilai *decline rate* yang tidak terlalu signifikan (<3%).

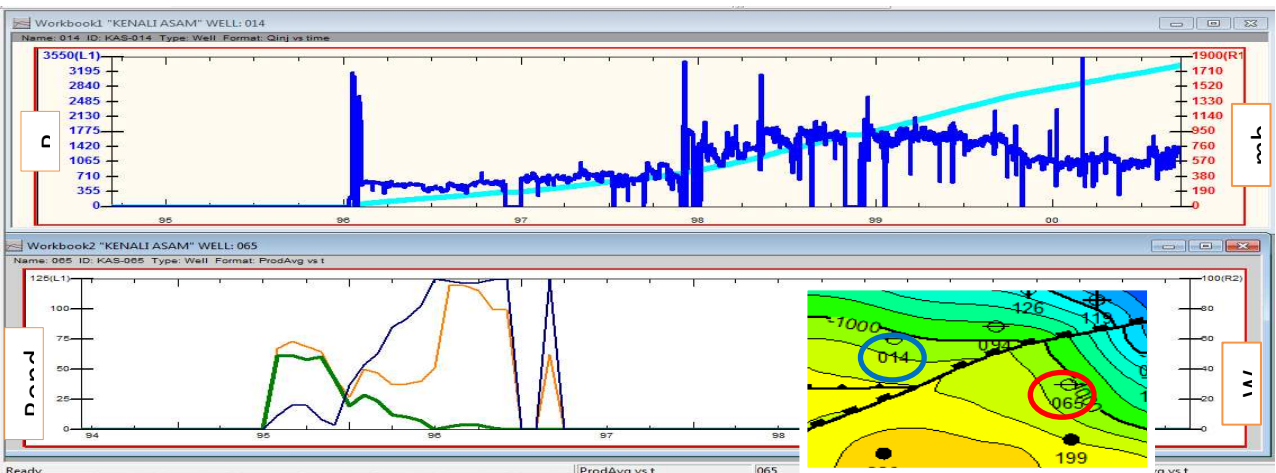


Gambar 4.11 Decline Curve Blok Central-South layer N/990



Gambar 4.15 Decline Curve Blok South Layer N/990

Selain itu penulis juga menguji sifat patahan dengan metode *connectivity injection* yang diterapkan pada pengujian *upper fault* layer N/990. Hasil pengujian konektivitas antara sumur injeksi KAS-014 dan sumur produksi KAS-065 yang dibatasi oleh *upper fault* menunjukkan adanya hubungan antara kedua sumur tersebut yang berarti bahwa *upper fault* bersifat *leaking*.



Gambar 4.13 Connectivity Injection Well KAS-014 and Production Well KAS-065 Layer N/990

Berikut merupakan tabel hasil analisis tekanan, *decline curve analysis*, dan *connectivity injection* secara keseluruhan pada Lapangan DIMA.



Tabel 4.1 *Summary* Hasil Analisis

<i>Fault</i>	<b>Analisis Data Tekanan</b>	<i>Decline Curve Analysis</i>	<i>Connectivity Injection</i>	<b>Kesimpulan</b>
B/650 <i>Upper</i>	<i>Leaking</i>	<i>Leaking</i>	-	<i>Leaking</i>
B/650 <i>Lower</i>	<i>Leaking</i>	<i>Leaking</i>	-	<i>Leaking</i>
N/990 <i>Upper</i>	<i>Leaking</i>	<i>Leaking</i>	<i>Leaking</i>	<i>Leaking</i>
N/990 <i>Lower</i>	<i>Leaking</i>	<i>Leaking</i>	-	<i>Leaking</i>

## Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

1. Berdasarkan analisis tekanan dan *decline curve analysis* maka *Upper Fault* (yang membatasi bidang *North* dan *Central*) dengan *Lower Fault* (yang membatasi bidang *Central* dan *South*) Layer B/650 dan N/990 Lapangan DIMA bersifat *leaking*.
2. Berdasarkan *connectivity injection* menunjukkan *Upper Fault* Layer N/990 bersifat *leaking*.
3. Hasil dari analisis patahan menunjukkan konsistensi antara analisis tekanan, analisis *decline curve* maupun analisis *connectivity injection* (meskipun *connectivity injection* hanya dilakukan pada *Upper Fault* Layer N/990).
4. Dengan diketahuinya tipe patahan (*sealing* atau *leaking*) maka dapat digunakan sebagai salah satu justifikasi dalam pembuatan *pattern* injeksi. Apabila patahan tersebut *sealing* maka *pattern* injeksi tidak boleh memotong patahan, sebaliknya jika *leaking* maka *pattern* injeksi dapat memotong patahan. Oleh karena itu berdasarkan penelitian yang dilakukan pada Lapangan DIMA, maka pembuatan *pattern* injeksi pada layer B/650 dan N/990 boleh memotong patahan *upper fault* dan *lower fault*.

## Daftar Simbol

$\phi$	= Porositas (fraksi)
$k$	= Permeabilitas (Darcy)
$q$	= Laju Alir (bbl/d)
$P_{wf}$	= Tekanan Dasar Sumur (psia)
$P_i$	= Tekanan Awal Sumur (psia)
$r_e$	= Radius pengurasan reservoir (ft)
$r_w$	= Jari-Jari Sumur (ft)
$L$	= Jarak (ft)

## Daftar Pustaka

Bansai, Yogesh dan Morteza Sayarpour. 2012. *Fault-Block Transmissibility Estimation Using Injection and Production Data in Waterfloods*. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 8-10 October, San Antonio. Texas. USA.

Davis, G.H., Reynolds, S.J., 1996. *Structural Geology of Rock and Region*. John Wiley & Sons Inc.. New York. USA.

EOR Team. 2012. *Plan of Development (POFD)*. PT Pertamina EP. Jakarta.

Eubank, Roger T. dan Makki, A. Chaidar, 1981. *Structural geology of the Central Sumatra Back-Arc Basin*. Proceedings, Indonesian Petroleum Association, Tenth Annual Convention, 1981.

Knipe, R. J., *et al.* 1998. *Faulting, Fault Sealing and Fluid Flow Hydrocarbon Reservoir: an introduction*. Rock Deformation Research Group, The University of Leeds, Leeds LS2 9JT. UK.

Smith, D.A., 1980. *Sealing and non-sealing fault in Louisiana Gulf Coast Salt basin*: AAPG Bulletin, v. 64.