

Evaluasi *Surveillance Performa Waterflooding* dengan Pendekatan *Chan's Diagnostic Plot*

Rahajeng Suryo Rahmadhini, Suranto, Karina Larasati, Dimas Suryo Wicaksono

Teknik Perminyakan Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

* Corresponding email: rr.rahajengsuryorahmadhini@upnyk.ac.id

Abstract

Declining oil production as reservoir pressure decreases occurs because the reservoir's natural driving force is no longer able to force to the production well from porous permeable formation. The decline in oil production and reservoir pressure that occurs in the field over time necessitates the implementation of a second-stage oil recovery method (secondary recovery) that can replace the initial method (primary recovery). Secondary recovery method used in this study is water injection, or waterflooding. The objective of this research was to conduct a surveillance analysis of the waterflooding operation using the Chan's Diagnostic Plot approach to determine the connectivity between the wells involved in the operation. Water injection was implemented in oil reservoir in Field "RR" in 1995, and a second production peak was achieved in 1999 with an injection rate of 1,843 bwpd. water injection performance analysis in this study was carried out on the T-070T injection well against 2 production wells T-050 and T-111 using the Chan's Diagnostic approach to determine the connectivity between the waterflood impacted wells. Channeling was observed in that wells during waterflooding. This analysis indicates flow connectivity between the well T-070T and T-050/T-111.

Keywords: *chans diagnostic analysis, water injection, oil production, waterflooding*

Abstrak

Produksi minyak yang menurun seiring dengan adanya penurunan tekanan reservoir terjadi karena tenaga dorong alami reservoir tidak mampu lagi mendesak minyak untuk mengalir dari reservoir menuju sumur produksi. Penurunan produksi minyak dan tekanan reservoir yang terjadi di lapangan seiring dengan berjalannya waktu produksi, menyebabkan diperlukannya penerapan metode operasi perolehan minyak tahap kedua (*secondary recovery*) yang mampu menggantikan metode awal (*primary recovery*). Metode produksi tahap kedua yang digunakan dalam penelitian ini yaitu injeksi air atau *waterflooding*. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu melakukan analisis secara *surveillance* terhadap pelaksanaan operasi *waterflooding* dengan pendekatan Chan's Diagnostic Plot untuk mengetahui konektivitas antar sumur dari operasi tersebut. Injeksi air telah dilakukan pada reservoir minyak di Lapangan RR pada tahun 1995 dan diperoleh puncak produksi kedua pada tahun 1999 dengan laju injeksi sebesar 1843 bwpd. Analisa kinerja injeksi air pada penelitian ini dilakukan pada sumur injeksi T-070T terhadap 2 sumur produksi T-050 dan T-111 dengan pendekatan *Chan's Diagnostic* untuk mengetahui adanya konektivitas pada sumur tersebut. Terdapat *channeling* pada sumur produksi seiring dengan dilakukannya *waterflooding*. Sehingga, dari hasil analisa tersebut maka terdapat hubungan aliran antara sumur T-070T dan T-050/T-111.

Kata kunci: *analisis chan diagnostic, injeksi air, produksi minyak, waterflooding*

I. PENDAHULUAN

Dalam operasi perolehan minyak tahap kedua, suatu fluida diinjeksikan ke dalam reservoir dengan tujuan untuk mendesak minyak sisa yang belum terproduksi. *Waterflooding* merupakan salah satu dari metode perolehan tahap kedua yang banyak digunakan karena menggunakan air dengan sifat lebih mudah diinjeksikan dan lebih efisien dalam mendesak minyak.

Evaluasi *Surveillance Performa Waterflooding* dengan Pendekatan *Chan's Diagnostic Plot*

Pada pelaksanaan injeksi air, dapat terjadi kegagalan operasi jika reservoir memiliki karakter minyak berat, adanya gas cap reservoir, nilai *connate water saturation* (Swc) terlalu tinggi, masalah produksi air, serta masalah mekanikal pada sumur dan kualitas cementing. Sehingga, beberapa pertimbangan yang harus diperhatikan sebelum melakukan operasi *waterflooding* pada reservoir yaitu batuan reservoir bersifat *water wet*, Swc rendah, viskositas minyak rendah, serta parameter nilai *Recovery Factor* (RF) masih rendah yang mengindikasikan cadangan sisa dari *Initial Oil in Place* (OOIP) masih tinggi, nilai *Gas Oil Ratio* (GOR) masih rendah yang mengindikasikan fluida reservoir berada pada fasa *undersaturated* atau gas masih belum semua terproduksi.

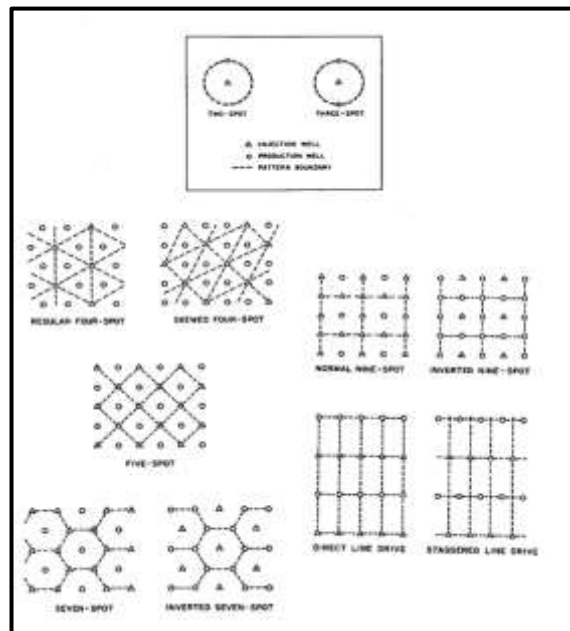
Parameter reservoir yang memengaruhi pelaksanaan *waterflooding* meliputi tipe reservoir, karakteristik reservoir, laju injeksi air, dan sifat air injeksi. Operasi *waterflooding* cocok dilakukan pada reservoir dengan perangkat stratigrafi dan struktur yang mempunyai kemiringan lapisan rendah karena pengaruh gravitasi dapat diabaikan dan lapisan dianggap horizontal. Karakteristik reservoir yang berpengaruh terhadap operasi *waterflooding* yaitu wetabilitas, saturasi air tersisa, dan permeabilitas relatif batuan. *Waterflooding* dilakukan pada reservoir dengan jenis batuan yang memiliki sifat minyak basah, sehingga fluida dapat mengalir lebih mudah menuju area dengan porositas tinggi, sementara untuk memasuki porositas yang lebih kecil dibutuhkan tekanan yang tinggi, dan tekanan injeksi dibatasi oleh tekanan alami dari rekahan formasi. Batuan yang berkarakter air basah, ketika dilakukan injeksi air, tidak akan ada batasan antara kedua fluida tersebut sehingga fluida injeksi dapat menembus batuan berporositas kecil dengan halangan minimum. Hal ini akan memengaruhi tingkat tekanan injeksi yang diperlukan; semakin besar sifat minyak basah pada reservoir, semakin tinggi pula tekanan injeksi yang harus diterapkan.

Keberhasilan operasi *waterflooding* juga sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat fluida injeksi, apakah cocok dengan air formasi atau akan menimbulkan problem air injeksi, seperti terjadinya plugging dan scale di formasi maupun menyebabkan korosi pada sumur injeksi dan produksi. Selain itu, arah permeabilitas akan mempengaruhi pola sumur injeksi-produksi terhadap performa injeksi air pada reservoir, karena akan mempengaruhi kondisi breakthrough pada sumur produksi. Susunan sumur injeksi dan produksi dengan pola tidak teratur yaitu *Central Edge* dan *Peripheral Flooding*. Pada pola tidak teratur, sumur-sumur injeksi diletakkan berkelompok pada suatu posisi dari reservoir (pada bagian kaki atau puncak dari reservoir) seperti pada operasi *pressure maintenance*.

Penempatan sumur yang teratur merupakan jenis pola yang sering dipakai karena sistem pendesakan yang bersifat lateral, yang menciptakan zona transisi antara fluida yang akan mendesak dengan fluida yang didesak. Pola sumur yang ditandai dengan sumur-sumur produksi yang dikelilingi oleh sumur-sumur yang digunakan untuk injeksi dinamakan pola normal.

Sementara itu, jika sumur-sumur produksi berada di sekitar sumur injeksi, maka hal itu disebut sebagai pola terbalik (*inverted*).

Tipe-tipe pola ini mencakup *regular 4-spot*, *skewed 4-spot*, *normal 9-spot*, *inverted 9-spot*, *5-spot*, *inverted 5-spot*, *7-spot*, *inverted 7-spot*, *direct line drive*, dan *staggered line drive* ditunjukkan Gambar 1



Gambar 1. Pola Sumur Injeksi-Produksi Teratur (Craig, 1971)

Dalam pelaksanaan monitoring kinerja operasi *waterflood*, dapat dilakukan dengan analisa surveillance yaitu dengan analisa produksi dan injeksi serta dengan menggunakan analisa *Chan's Diagnostic* untuk setiap sumur produksi. Analisa Chan adalah fungsi dari perbandingan laju produksi air dan minyak terhadap waktu yang dilakukan untuk mengetahui adanya masalah pada aliran air.

II. METODOLOGI

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kinerja *waterflood* pada beberapa sumur di Lapangan RR pasca dilakukan operasi *waterflooding* dengan analisa pengamatan pelaksanaan (*surveillance*) menggunakan pendekatan analisa *Chan's Diagnostic* dan memperhatikan pola sumur injeksi dan sumur produksi. Posisi sumur injeksi dan produksi yang sejalan dengan arah permeabilitas utama mengakibatkan terjadinya *breakthrough* atau tembus air di *producer* yang sangat dipengaruhi oleh distribusi permeabilitas secara vertikal. Hal ini akan memengaruhi keberhasilan kegiatan *waterflooding*.

Evaluasi *Surveillance Performa Waterflooding* dengan Pendekatan *Chan's Diagnostic Plot*

Analisis *Chan's Diagnostic* bertujuan untuk mengidentifikasi isu yang ada pada sumur produksi dengan melihat perubahan nilai laju produksi air terhadap laju produksi minyak atau *Water-Oil Ratio* (WOR) seiring dilakukannya kegiatan *waterflooding*. Adanya perubahan tersebut kemudian dihubungkan dengan jenis kurva Chan K. S. Proses Chan's Diagnostic dilakukan untuk memahami keadaan aliran air selama periode produksi. Penyebab masalah air berasal dari kondisi kompleks pada sumur, seperti kebocoran casing, korosi, atau isu dari reservoir seperti *channeling* dan *coning*. Setelah memahami isu air berdasarkan situasi lapangan, maka dapat ditentukan metode penanganan yang sesuai. WOR' atau WOR *derivative* merupakan turunan *water oil ratio* sebelum dan setelah dilakukan injeksi terhadap waktu, yang menunjukkan kecepatan perubahan WOR. Persamaan WOR' sebagai berikut:

$$\text{WOR}' = \frac{d(\text{WOR})}{dt} = \frac{(\text{WOR}_2 - \text{WOR}_1)}{(t_2 - t_1)} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

WOR : Perbandingan laju produksi air terhadap laju produksi minyak

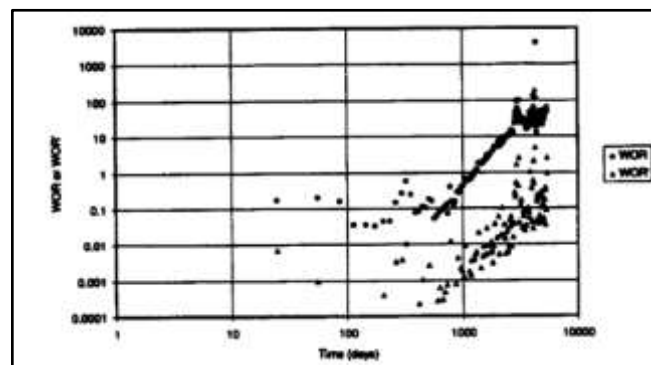
WOR' : Turunan dari WOR terhadap waktu produksi

$t_2 - t_1$: Rentang waktu produksi

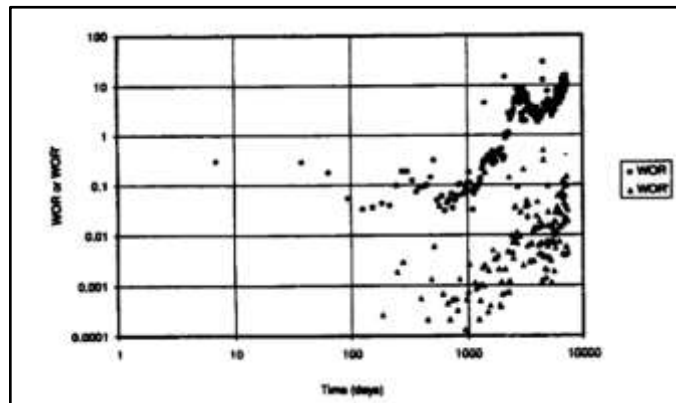
Setelah dilakukan perhitungan nilai WOR dan WOR' kemudian dilakukan plotting kedua parameter tersebut yang akan menggambarkan permasalahan air sesuai kondisi yang dilihat berdasarkan profil produksi dan profil injeksi. Gambar 2. memperlihatkan pada grafik awal dengan kemiringan awal terdapat indikasi *channeling*, kemudian terdapat peningkatan derivative yang menunjukkan adanya *water breakthrough* dari beberapa lapisan atau interval dengan permeabilitas yang sangat berbeda.

Gambar 3. memperlihatkan perubahan dalam aliran minyak dan air yang mengakibatkan penurunan tekanan yang bervariasi di setiap lapisan, sehingga grafik turunannya menunjukkan fluktuasi. Perlu dicatat bahwa kemiringan WOR akan kembali ke kondisi semula pada *pseudo-steadystate*.

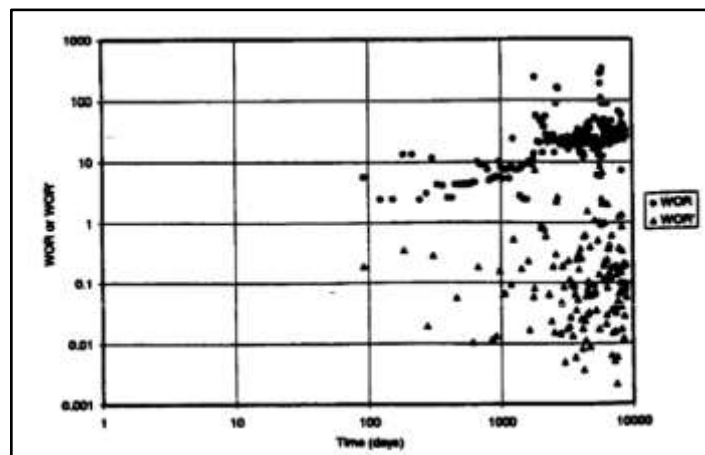
Gambar 4. memperlihatkan bahwa di tahap awal produksi, WOR sudah sangat tinggi. Faktor utama yang mempengaruhi adalah tingkat saturasi air awal yang sudah cukup tinggi, sehingga seluruh pola WOR menunjukkan penekanan yang normal. Dalam grafik ini, kemiringan WOR' memiliki nilai kira-kira 0.5.



Gambar 2. *Multilayer Channeling* (Chan, K. S., 1995)



Gambar 3. *Multilayer Channeling with Production Changes* (Chan, K. S., 1995)

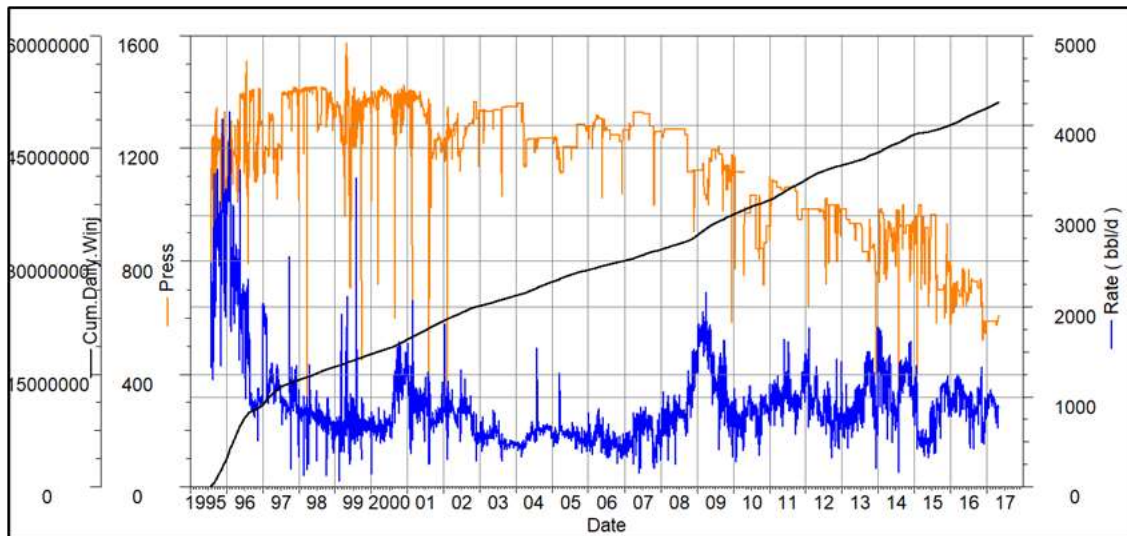


Gambar 4. *Normal Displacement with High WOR* (Chan, K. S., 1995)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

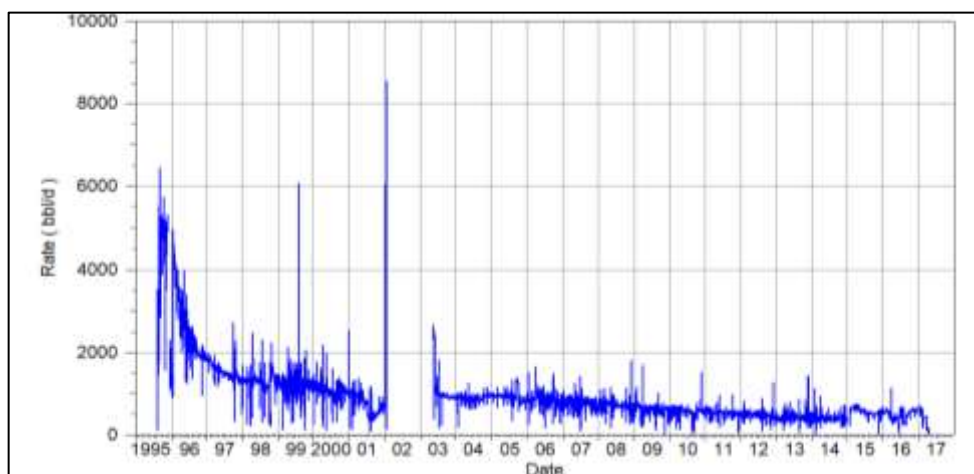
Profil injeksi di Lapangan RR pada Gambar 5 menunjukkan bahwa tekanan injeksi pada awal injeksi 1200 psi dan pada rentang tahun 1995 sampai 1997 tekanan reservoir cenderung naik, hal ini menunjukkan bahwa selama 2 tahun tersebut merupakan periode *fill-up*. Kemudian pada 2001 tekanan mulai turun. Terjadinya penurunan tekanan injeksi merupakan pengaruh injeksi air menggunakan campuran air permukaan dan air produksi, sehingga terjadi *scale* atau *plugging* karena kualitas air injeksi yang kurang baik atau nilai ph rendah. Pada penelitian ini, sumur injeksi yaitu T-070T dengan sumur produksi T-050 dan T-111.

Evaluasi *Surveillance Performa Waterflooding* dengan Pendekatan *Chan's Diagnostic Plot*

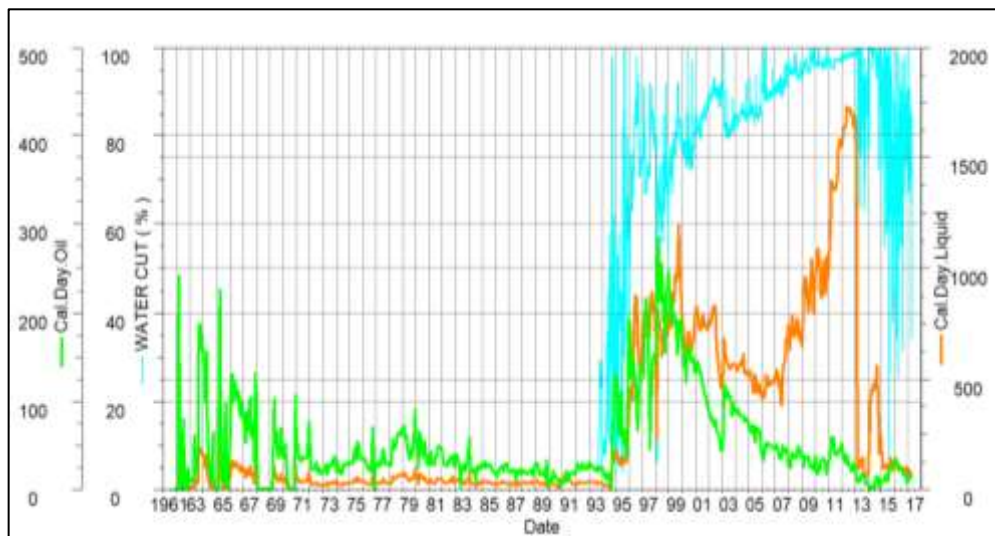


Gambar 5. Profil Injeksi pada Lapangan RR

Sumur produksi T-050 mulai berproduksi pada Maret 1962 dengan rata-rata laju produksi minyak 52 bopd dan *watercut* 80,47 %. Sumur produksi T-050 mendapat efek injeksi air dari sumur injeksi T-070T yang dapat dilihat pada profil injeksi dan produksi terlampir Gambar 6 dan Gambar 7. Adanya respon injeksi T-070T dilihat dari injeksi air pada sumur T-070T berhenti untuk sementara dari 2002 sampai 2003, sedangkan laju produksi minyak sumur produksi T-050 menurun pada selama waktu yang sama. Setelah injeksi air kembali dilakukan, laju produksi minyak pada sumur T-050 kembali meningkat dan terjadi peningkatan terhadap nilai *watercut*. Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai *watercut* sumur T-050 cenderung tinggi. Waktu fill-up terjadi sampai tahun 1997 yang ditunjukkan dengan naiknya laju produksi minyak sementara setelah tahun 1997 nilai *watercut* cenderung naik yang menandakan terjadinya *breakthrough* atau ikut terproduksinya air ke sumur produksi.

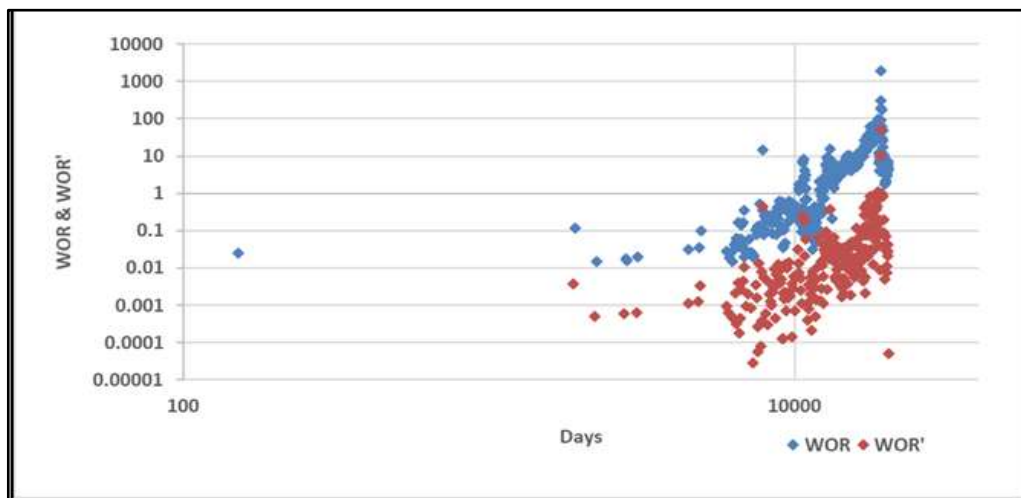


Gambar 6. Profil Injeksi Sumur T-070T



Gambar 7. Profil Produksi Sumur T-050

Analisa *Chan's Diagnostic* pada sumur produksi T-050 mengindikasikan terdapat masalah air yaitu *multilayer channeling* akibat terproduksinya air pada sumur produksi. Pada Gambar 8 menunjukkan trend WOR konstan kemudian dilakukan injeksi dan menyebabkan nilai WOR meningkat seiring nilai WOR'. Peningkatan nilai WOR dapat terjadi karena sumur dimatikan sementara untuk dilakukan intervensi dalam kasus ini yaitu waterflood kemudian sumur diproduksi kembali.

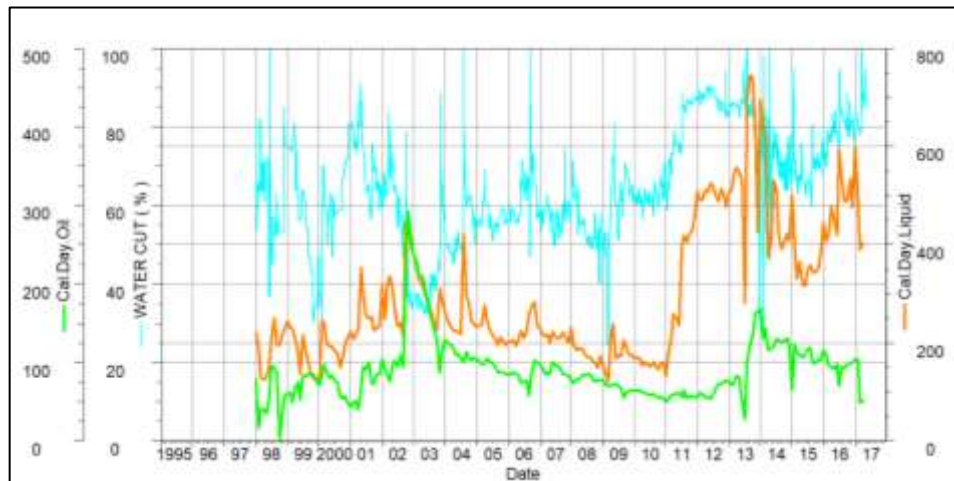


Gambar 8. Chan's Plot Sumur Produksi T-050

Sumur produksi T-111 mulai berproduksi pada Februari 1998 dengan rata-rata laju produksi minyak 34 bopd dan *watercut* 64,84 %. Sumur produksi T-111 mendapat efek injeksi air dari sumur injeksi T-070T yang dapat dilihat pada profil injeksi dan produksi pada Gambar 6 dan Gambar 9. Adanya respon dari injeksi T-070T dilihat dari peningkatan laju injeksi air pada akhir 2001, sementara laju produksi minyak pada sumur produksi T-111 meningkat secara signifikan pada awal tahun 2002.

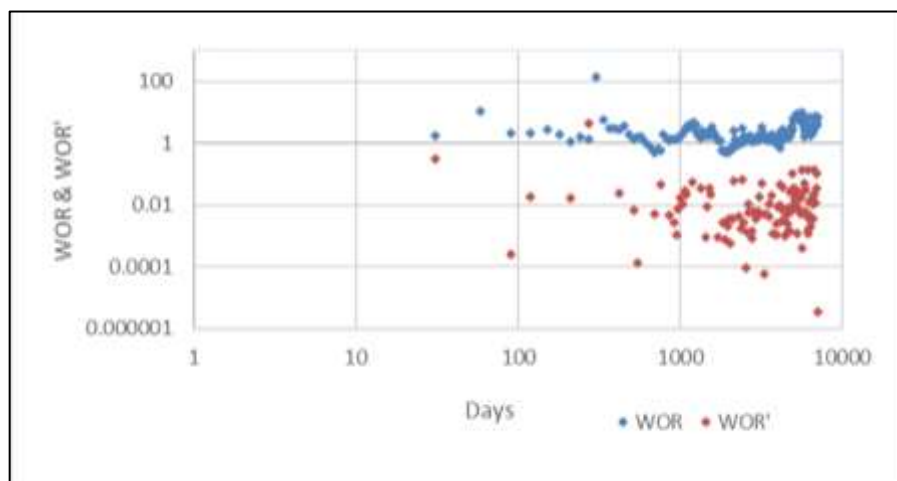
Evaluasi *Surveillance Performa Waterflooding* dengan Pendekatan *Chan's Diagnostic Plot*

Selain itu injeksi pada sumur T-070T berhenti untuk sementara dari 2002 sampai 2003, sedangkan laju produksi minyak sumur produksi T-111 menurun pada selang waktu yang sama. Pada 2003 terjadi kenaikan nilai *watercut* yang mencapai 90%. Terdapat masalah berupa *channeling* di sekitar lubang sumur produksi T-111. *Chan's plot* menunjukkan bahwa terdapat masalah berupa *channeling* seiring dengan terproduksinya air pada sumur produksi. WOR pada sumur T-111 konstan pada awal produksi kemudian terjadi peningkatan dan membentuk slope linier di nilai tertinggi pada pembacaan yaitu di atas 3 setelah dilakukan operasi *waterflood*. Harga WOR rata-rata sumur produksi T-111 sebesar 3,2.



Gambar 9. Profil Produksi Sumur T-111

Analisa *Chan's Diagnostic* pada sumur produksi T-111 mengindikasikan terjadi *channeling* di sekitar lubang sumur seperti terlihat pada plot di Gambar 10. Nilai WOR mula-mula konstan, kemudian naik dengan cepat dan mencapai slope linier setelah dilakukan *waterflood* lalu berubah hingga hampir tak hingga. Besarnya nilai WOR diakibatkan oleh penerapan *waterflooding* yang dilakukan injeksi di sumur T-070T.



Gambar 10. Chan's Plot Sumur Produksi T-11

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini membahas tentang analisa surveillance dalam mengetahui performa operasi *waterflooding* pada Lapangan RR. Studi kasus pada penelitian ini yaitu konektivitas 1 sumur injeksi T-070T terhadap 2 sumur produksi T-050 dan T-111. Berdasarkan profil injeksi sumur T-070T dengan laju injeksi 1000 bwpd dan profil produksi sumur T-050 dan T-111, terdapat konektivitas yang ditunjukkan dengan trend produksi minyak dan watercut yang naik saat dilakukan operasi *waterflooding*. Berdasarkan analisa *Chan's Diagnostic* plot, terdapat masalah produksi air pada sumur produksi T-050 dan T-111 yaitu *channeling*, dimana setelah dilakukan waterflood terjadi kenaikan nilai WOR kemudian membentuk kemiringan yang lurus. Hal ini menandakan adanya konektivitas dan dampak operasi *waterflood* dari sumur injeksi T-070T terhadap sumur produksi T-050 dan T-111.

V. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, T. (2000). *Reservoir Engineering Handbook*. Gulf Publishing Company, Houston, Texas.
- Amyx, J. (1960). *Petroleum Reservoir Engineering Physical Properties*. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Artola, P. (2010). "Candidate Recognition Process for Production Enhancement". Schlumberger.
- Bondar V. V and Blasingame T. A. (2002). Analysis and Interpretation of Water-Oil-Ratio Performance. SPE 77569 paper presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, San Antonio, Texas, USA.
- Chan, K. S. (1995). Water Control Diagnostic Plots. SPE 30775 paper presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, Texas, USA.
- Craig, F. F. Jr. (1971). *The Reservoir Engineering Aspect of Waterflooding*. SPE of AIME, New York.
- Latil, M. (1980). *Enhanced Oil Recovery*. Institute Francis Du Petrole Publication, Paris.
- Shobar, M.R.C., dkk. (2023). Full Scale Waterflood Project in Tanjung Field: From Reservoir Studies to Execution. <https://doi.org/10.2118/215379-MS>. SPE-215379-MS.
- Terrado, M., Yudono, S., Thakur, G. (2007). "Waterflooding Surveillance and Monitoring: Putting Principles into Practice". SPE Reservoir Evaluation and Engineering, San Antonio, Texas.