



## ANALISIS KEBERHASILAN KERJA ULANG PINDAH LAPISAN PADA SUMUR SKW-33 LAPANGAN SUKOWATI

Desyana Nindya Prastiwi <sup>1\*)</sup>, Hadziqul Abror <sup>2)</sup>, Babas Samudera Hafwandi <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Teknik Perminyakan, Universitas Jember

<sup>2)</sup> Teknik Perminyakan, Universitas Jember

<sup>3)</sup> Teknik Perminyakan, Universitas Jember

\* corresponding email: [desyananp88@gmail.com](mailto:desyananp88@gmail.com)

### ABSTRACT

*This study explores the effectiveness of re-perforation operations at Well SKW-33 in the Sukowati Field to enhance oil production. The background highlights the decline in production rates despite the well's initial success with natural flow since June 2015. The primary objective is to evaluate the impact of re-perforation on oil production and water cut. The research employs methods such as squeeze cementing, Cement Bond Log (CBL) analysis, well logging and subsequent re-perforation. The results demonstrate a significant increase in oil production from 100-150 barrels per day (bopd) to a peak of 305 bopd post-re-perforation. Additionally, the water cut reduced from 95-96% to 80%, indicating a successful reduction in water production. However, a rapid decline in oil production and a significant increase in water cut were observed shortly after the initial improvement, likely due to reservoir pressure depletion, water coning, and formation heterogeneity. While re-perforation significantly enhanced short-term oil output and reduced water production, sustained reservoir management is critical for mitigating these challenges and maintaining long-term productivity.*

**Keywords:** *squeeze cementing; re-perforation; water cut, oil production*

### I. PENDAHULUAN

Sumur SKW-33 terdapat pada Sukowati Pad B, dimana sumur ini diproduksi secara *Natural Flow* sejak 10 Juni 2015. Sumur ini menghasilkan minyak sebagai salah satu produk utamanya, mendukung operasi Lapangan Sukowati dalam memenuhi target produksi. Sumur SKW-33 menghadapi masalah tingginya produksi air dan rendahnya produksi minyak, yang ditandai dengan nilai *water cut* yang sangat tinggi sebesar 96%. Hal ini berarti bahwa 96% dari total cairan yang diproduksi oleh sumur tersebut adalah air, sementara hanya 4% adalah minyak. Setelah terjadi penurunan laju produksi pada lapisan sebelumnya, dilakukan evaluasi formasi. Penyebab utama dari tingginya *water cut* ini adalah zona hidrokarbon yang kurang ke atas, yang berarti lapisan batuan yang mengandung minyak dan gas terletak lebih rendah dalam formasi, sehingga lebih banyak mengandung air dibandingkan minyak. Perforasi yang dilakukan di lokasi ini cenderung menghasilkan air dalam jumlah besar. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan reperforasi, yaitu tindakan membuka atau menambahkan perforasi baru di dalam suatu reservoir minyak dan gas untuk meningkatkan produksi hidrokarbon dari interval tertentu. Dengan reperforasi ini, diharapkan produksi minyak dapat meningkat, produksi air dapat berkurang, dan nilai *water cut* dapat dikurangi, sehingga meningkatkan efisiensi dan produktivitas sumur tersebut. Dengan memanfaatkan infrastruktur yang ada, re-perforasi menawarkan efisiensi biaya dibandingkan pengeboran ulang atau metode injeksi, sekaligus mendukung keberlanjutan dengan mengurangi kebutuhan eksplorasi baru. Solusi ini relevan secara global untuk mengoptimalkan lapangan dan memastikan produksi tetap ekonomis serta efisien [1]. Proses re-perforasi melibatkan beberapa tahap, termasuk penyemenan zona perforasi sebelumnya (*squeeze cementing*), dilanjutkan dengan *cement bond log*, *well logging*, dan diakhiri dengan perforasi ulang pada zona yang telah diidentifikasi mengandung hidrokarbon.

*Cement bond log* (CBL) adalah suatu alat logging (*sonic log*) yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas dari ikatan semen. Pengoperasian alat ini ialah dengan memasukkan sinyal ultrasonik ke dalam sumur dengan hasil pembacaan gelombang pada daerah yang memiliki ikatan semen yang bagus akan lemah. Semen yang tidak memiliki ikatan yang bagus maka akan menghasilkan gelombang yang kuat, yang merupakan indikasi kurangnya semen dan memungkinkan casing untuk beresonansi [2]. Setelah memastikan bahwa kualitas semen baik, maka dilanjutkan dengan *Well Logging*. *Well logging* merupakan proses kegiatan dengan mengambil rekaman dengan melakukan pengukuran dari parameter sifat-sifat batuan pada suatu sumur untuk memperoleh kondisi dari suatu formasi batuan [3]. Batuan yang menunjukkan keberadaan hidrokarbon akan menjadi target re-perforasi. Dalam penelitian ini akan dievaluasi keberhasilan re-perforasi, dimana evaluasi dapat dilakukan dengan membandingkan data produksi sebelum dan sesudah re-perforasi. Keberhasilan re-perforasi juga akan dievaluasi berdasarkan *water cut* sebelum dan sesudah re-perforasi. Evaluasi keberhasilan re-



perforasi sangat penting dalam kegiatan eksploitasi minyak dan gas bumi. Evaluasi bertujuan untuk menentukan langkah selanjutnya yang harus diambil terkait dengan produksi Sumur SKW-33 sehingga dapat meningkatkan laju alir produksi. Evaluasi terhadap metode ini membantu memastikan bahwa teknik yang digunakan efektif dalam memperbaiki kinerja sumur dan memberikan manfaat ekonomi, baik dalam meningkatkan produksi maupun mengoptimalkan biaya operasional. Dengan menggunakan rig kerja ulang yang lebih efisien dibandingkan rig pengeboran, proses ini juga dapat mengurangi pengeluaran dan meningkatkan keberlanjutan produksi di sumur yang sudah beroperasi lama [4].

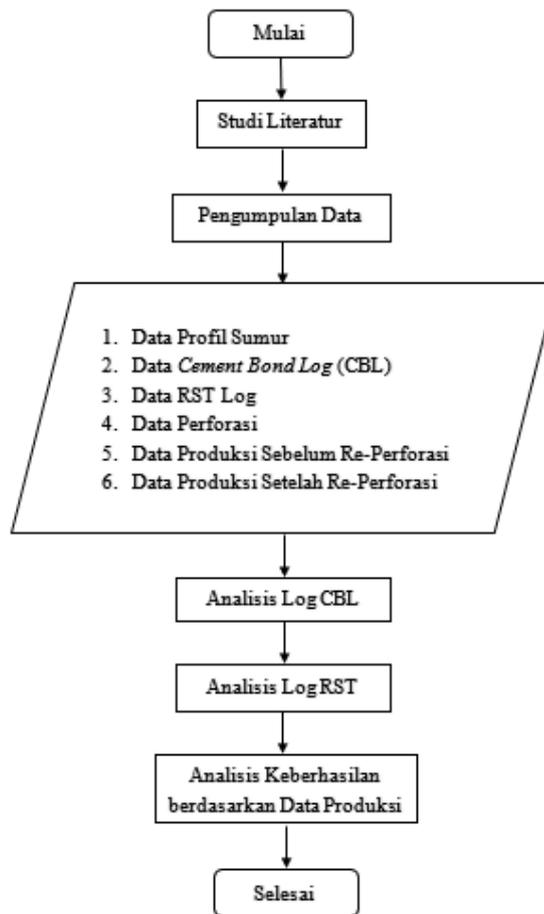
## II. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan studi literatur adalah proses menganalisis literatur yang relevan dengan topik atau masalah yang diangkat. Tujuan utamanya adalah untuk memberikan pemahaman mendalam mengenai kerangka konseptual dan hasil-hasil penelitian sebelumnya. Studi literatur membantu mengidentifikasi kekosongan dalam pengetahuan dan merancang metode penelitian yang lebih baik. Penulis juga dapat menyediakan konteks yang kuat untuk hasil penelitian dengan menguraikan pengetahuan yang sudah ada. Selain itu, studi literatur menunjukkan perkembangan pemikiran dalam bidang tertentu dan menyediakan dasar teoretis untuk argumen dalam laporan tersebut.

Studi lapangan dilakukan dengan mengumpulkan dan menganalisis data langsung dari lapangan terkait dengan permasalahan yang dihadapi. Dalam laporan ini, studi lapangan melibatkan pengumpulan data profil sumur, data *logging*, dan data produksi dari PT Pertamina EP Asset 4 Zona 11 Sukowati Field. Data tersebut didapatkan dari *proses squeeze cementing*, *logging*, dan re-perforasi. Prosedur *squeeze cementing* bertujuan untuk menutup zona perforasi atau memperbaiki kerusakan pada semen sebelumnya dengan menggunakan volume *slurry* yang kecil namun ditempatkan secara presisi. Proses ini dimulai dengan pemilihan *slurry cement* yang sesuai untuk kondisi formasi dan sumur, kemudian dilanjutkan dengan penerapan tekanan dan teknik pemompaan yang optimal agar semen mengalir ke zona target.

Setelah pelaksanaan, kualitas *bonding* semen dievaluasi menggunakan *Cement Bond Log (CBL)* dan *Variable Density Log (VDL)*. Alat ini bekerja dengan mengukur gelombang akustik, di mana amplitudo rendah menunjukkan *bonding* yang baik, sehingga memastikan tidak ada kebocoran pada casing atau semen. Tahapan *logging* menggunakan berbagai alat seperti CBL, VDL, dan *Reservoir Saturation Tool (RST)*. CBL dan VDL mengevaluasi kualitas semen di belakang casing dengan mengukur densitas semen. Sementara itu, RST digunakan untuk mendeteksi zona hidrokarbon melalui pengukuran rasio karbon terhadap oksigen (*C/O ratio*), yang menunjukkan formasi yang mengandung minyak, gas, atau air.

Prosedur re-perforasi dimulai dengan pemasangan *perforating gun* berkapasitas *5 shots per foot (spf)* ke zona target. Alat ini diturunkan ke kedalaman yang ditentukan menggunakan *wireline* atau *tubing*, kemudian diaktifkan dari permukaan untuk menghasilkan ledakan jet energi tinggi yang menembus casing, semen, dan formasi batuan. Setelah perforasi selesai, alat ditarik keluar, dan aliran fluida yang dihasilkan dari perforasi baru dievaluasi. Pengumpulan data lapangan memungkinkan penulis untuk mendapatkan informasi empiris yang kritis untuk analisis yang mendalam. Selain itu, studi lapangan memungkinkan verifikasi data dari sumber lain, memastikan data tersebut *valid* dan dapat diandalkan. Diagram alir pada penelitian ini pada gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Prosedur Squeeze Cementing

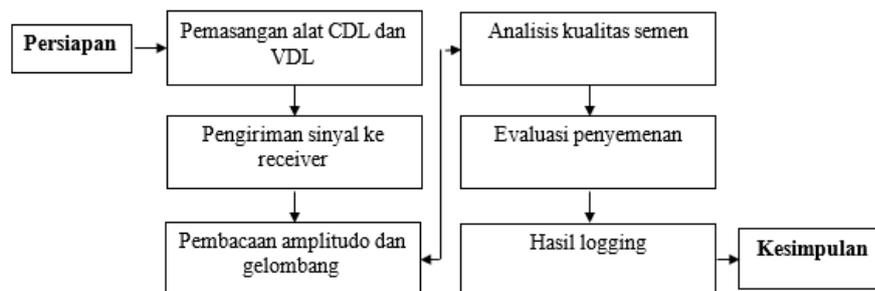
### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Proses *Squeeze Cementing* pada Sumur SKW-33

Penyemenan sangat erat hubungannya dengan operasi pemboran dan penutupan sumur, dimana keberhasilan pelaksanaan penyemenan merupakan salah satu faktor keberhasilan dalam proses pemboran [5]. *Squeeze cementing* merupakan proses penginjeksian bubuk semen dengan diberikan tekanan dengan besaran tertentu kedalam lubang sumur dengan tujuan untuk menutup zona produksi atau kerusakan pada penyemenan pertama. Tujuan dari proses *squeeze cementing* hanya dibutuhkan volume *slurry* yang relatif kecil, tetapi harus ditempatkan pada titik yang tepat didalam sumur seperti lubang perforasi. Sehingga diperlukannya pelaksanaan yang baik terutama pemilihan *slurry cement*, tekanan, teknik pemompaan dan penggunaan metode yang digunakan [6]. Prosedur *squeeze cementing* yang umum dilakukan seperti pada gambar 3.1.

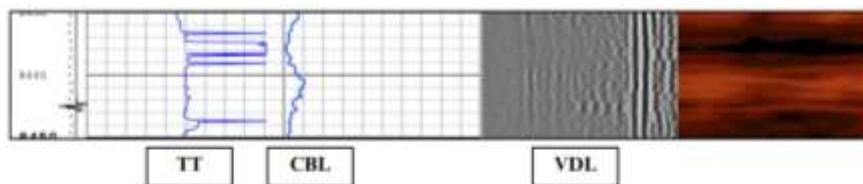
#### 3.2 Analisis Kualitas *Bonding Cement*

Pada sumur SKW-33 lapangan Sukowati, dilakukan CBL-VDL untuk *squeeze cementing* pada zona perforasi awal. *Cement Bond Log* (CBL) dan *Variable Density Log* (VDL) digunakan untuk mengevaluasi baik atau tidaknya penyemenan yang dilakukan. Semakin padat hasil semen maka semakin kecil gelombang pancaran ( $\pm 0-30$  mV), sedangkan semakin banyak rongga pada kolom semen maka semakin besar gelombang yang dihasilkan ( $> 30$  mV) [7]. Kedua dari log ini yaitu *Cement Bond Log* (CBL) dan *Variable Density Log* (VDL) sama sama digunakan untuk mengevaluasi ikatan semen yang berada dibelakang pipa. Alat ini bekerja berdasarkan gelombang suara (akustik) dimana yang diukur adalah pelemahan (*attenuation*) gelombang akustik antara alat pemancar (*transmitter*) dan alat penerima (*receiver*). Alat penerima (R1) adalah alat yang berjarak 3 ft dari alat pemancar, dan alat penerima ke 2 (R2) adalah alat VDL yang berjarak 5 ft dari alat pemancar. Prosedur CBL-VDL yang umum dilakukan seperti pada gambar 3.2.



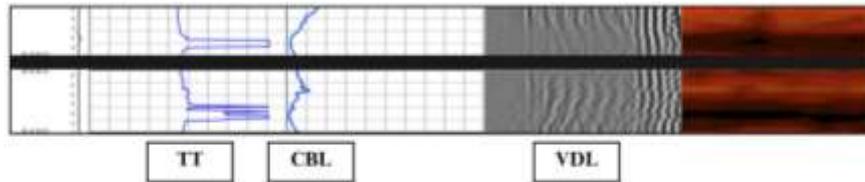
Gambar 3.2 Prosedur CBL-VDL

Analisis kualitas *bonding cement* dilakukan pada dua interval kedalaman yaitu pada kedalaman 8430-8450 ftMD dan 8474-8489 ftMD. Hasil *bonding cement* pada kedalaman 8430-8450 ftMD dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Hasil *Bonding Cement* pada Kedalaman 8430-8450 ftMD

Berdasarkan gambar 3.3, respon pada CBL *Amplitude* menunjukkan bahwa nilai amplitudonya rendah sehingga pada kedalaman 8430-8450 indikasi ikatan semen bagus. Log VDL menunjukkan bahwa pada interval *casing* ke semen tampak garis yang tipis dan pudar. Hal ini menunjukkan *bonding* semen yang bagus. Berdasarkan respon log tersebut, pada kedalaman 8430-8450 ftMD memiliki ikatan semen yang bagus setelah dilakukan *squeeze cementing*. Sedangkan pada interval semen ke formasi, tampak garis lurus tebal sehingga *bonding* semen kurang baik. Risiko utama dari kondisi ini adalah terbentuknya jalur migrasi fluida, terutama air, melalui celah yang terdapat di antara semen dan formasi. Kondisi ini dapat mengakibatkan peningkatan *water cut* di masa depan. Selain itu, ketidaksempurnaan *bonding* pada semen-formasi berpotensi mempercepat *water coning*, dimana air dari zona bawah reservoir dapat naik menuju sumur produksi seiring dengan penurunan tekanan reservoir akibat produksi minyak yang tinggi. Potensi kegagalan juga dapat diperburuk oleh heterogenitas reservoir dan adanya rekahan alami yang memungkinkan jalur migrasi air melalui area dengan *bonding* yang lemah. Hasil *bonding cement* pada kedalaman 8474-8489 ftMD dilihat pada gambar 3.4.

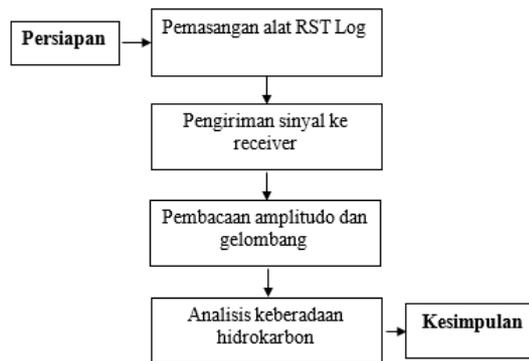


Gambar 3.4 Hasil *Bonding Cement* pada Kedalaman 8474-8489 FtMD

Berdasarkan gambar 3.4, respon pada CBL *Amplitude* menunjukkan bahwa nilai amplitudonya rendah sehingga pada kedalaman 8474-8489 ftMD indikasi ikatan semen bagus. Log VDL menunjukkan bahwa pada interval casing ke semen tampak garis yang tipis dan pudar. Hal ini menunjukkan *bonding* semen yang bagus. Berdasarkan respon log tersebut, pada kedalaman 8474-8489 ftMD memiliki ikatan semen yang bagus setelah dilakukan *squeeze cementing*. Sedangkan pada interval semen ke formasi, tampak garis lurus tebal sehingga *bonding* semen kurang baik. Kondisi ini berisiko menimbulkan jalur kebocoran fluida di masa depan seperti analisis pada hasil *bonding cement* pada gambar 3.3. Jalur migrasi fluida, terutama air, dapat terbentuk melalui celah yang terdapat di antara semen dan formasi.

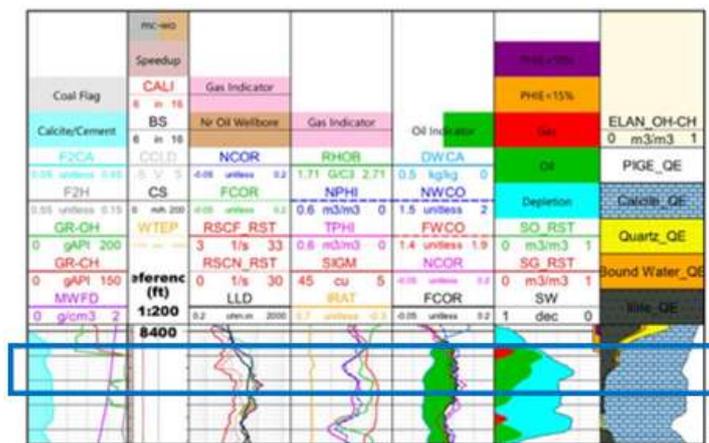
### 3.3 Analisis Zona Prospek Hidrokarbon berdasarkan RST Log

Sumur SKW-33 pada lapangan Sukowati ini dilakukan *well logging* RST (*Reservoir Saturation Tool*) untuk menentukan zona prospek hidrokarbon sebelum dilakukan perforasi. RST umumnya dipergunakan untuk mengetahui kondisi saturasi hidrokarbon terkini, dimana pada kondisi *cased hole* pengukuran resistivitas konvensional tidak bisa dilakukan, sehingga alat ini berguna pula untuk melakukan evaluasi pada sumur-sumur tua. Harga C/O yang tinggi mengindikasikan formasi mengandung minyak, sedang harga C/O yang rendah mengindikasikan formasi mengandung air atau gas [8].



Gambar 3.5 Prosedur RST Log

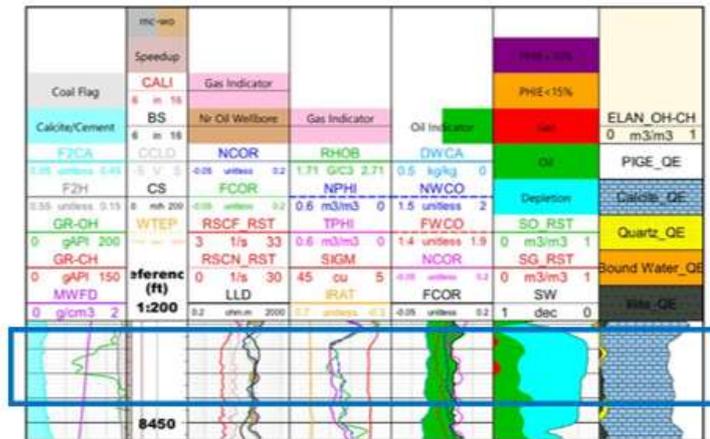
Prosedur RST log dijelaskan pada gambar 3.5. Pada sumur SKW-33 lapangan Sukowati dilakukan RST logging pada kedalaman 8200 ft hingga 8475 ft. Berdasarkan hasil RST log tersebut, maka dipilih interval perforasi pada kedalaman 8407-8412 ftMD dan pada kedalaman 8432-8445 ftMD. Hasil RST log pada kedalaman 8407-8412 ftMD adalah sebagai berikut :



Gambar 3.6 Hasil RST Log pada Kedalaman 8407-8412 ftMD



Berdasarkan gambar 3.6, respon pada *chart* NCOR dan FCOR menunjukkan nilai yang besar. Oleh karena itu, pada kedalaman 8407-8412 ftMD terdapat fluida karena rasio C/O cenderung lebih dari nilai lainnya maka fluida tersebut diindikasikan sebagai hidrokarbon. Log *density* juga menunjukkan ke arah kanan sehingga menunjukkan bahwa zona tersebut berupa cairan dan pada log *porosity* hasilnya menunjukkan nilai yang tinggi. Pada kedalaman ini terjadi persilangan (*cross over*) antara log *density* dan log *porosity* sehingga menunjukkan bahwa pada kedalaman ini mengandung hidrokarbon. Respon sigma juga bernilai kecil yang menandakan bahwa pada kedalaman tersebut mengandung cairan. Respon FWCO dan NWCO menunjukkan nilai yang tinggi, dimana hasil ini menunjukkan bahwa rasio karbon oksigen juga tinggi. Log saturasi fluida menunjukkan kandungan fluida secara kuantitatif. Pada kedalaman 8407-8412 ftMD menunjukkan bahwa kandungan minyak sekitar 40% dan gas sekitar 10%. Hal ini mengindikasikan bahwa pada kedalaman tersebut mengandung hidrokarbon berupa gas dan minyak. Hasil RST log pada kedalaman 8432-8445 ftMD dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut ini.



Gambar 3.7 Hasil RST Log pada Kedalaman 8432-8445 ftMD

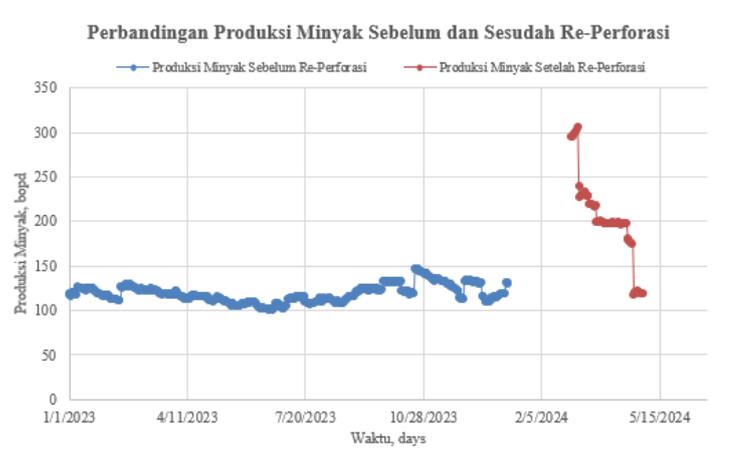
Berdasarkan gambar 3.7, respon pada *chart* NCOR dan FCOR menunjukkan nilai yang besar. Oleh karena itu, pada kedalaman 8432-8445 ftMD terdapat fluida karena rasio C/O cenderung lebih dari nilai lainnya maka fluida tersebut diindikasikan sebagai hidrokarbon. Log *density* juga menunjukkan ke arah kanan sehingga menunjukkan bahwa zona tersebut berupa cairan dan pada log *porosity* hasilnya menunjukkan nilai yang tinggi. Pada kedalaman ini terjadi terjadi persilangan (*cross over*) antara log *density* dan log *porosity* pada bagian bawah saja sehingga menunjukkan bahwa pada kedalaman ini mengandung hidrokarbon. Respon sigma juga bernilai kecil yang menandakan bahwa pada kedalaman tersebut mengandung cairan. Respon FWCO dan NWCO menunjukkan nilai yang tinggi, dimana hasil ini menunjukkan bahwa rasio karbon oksigen juga tinggi. Log saturasi fluida menunjukkan kandungan fluida secara kuantitatif. Pada kedalaman 8432-8445 ftMD menunjukkan bahwa kandungan minyak sekitar 30% dan gas sekitar 5%. Hal ini mengindikasikan bahwa pada kedalaman tersebut mengandung hidrokarbon berupa gas dan minyak.

### 3.4 Perforasi

Pada sumur SKW-33, setelah penentuan zona prospek hidrokarbon, dilakukan perforasi dengan menggunakan *gun perforation* 5 spf (*shots per foot*). *Gun perforation* 5 *shots per foot* (spf) adalah teknik yang digunakan dalam operasi sumur minyak dan gas untuk membuat lubang pada casing dan formasi batuan sekitarnya, memungkinkan hidrokarbon (minyak dan gas) mengalir ke dalam sumur [9]. Proses ini dimulai dengan pemasangan *perforating gun* yang dilengkapi bahan peledak kecil, yang diturunkan ke dalam sumur menggunakan *wireline* atau tubing hingga mencapai zona target. Setelah diposisikan dengan benar pada interval yang diinginkan, gun diaktifkan dari permukaan melalui sinyal listrik, mengakibatkan ledakan yang menghasilkan jet energi tinggi. Jet ini menembus *casing*, semen, dan formasi batuan, menciptakan lubang atau perforasi. Dengan spesifikasi 5 spf, lima perforasi dibuat per kaki panjang casing, memungkinkan aliran hidrokarbon yang lebih baik dari formasi ke sumur. Setelah perforasi selesai, alat ditarik keluar dan aliran fluida dievaluasi untuk memastikan keberhasilan perforasi dan kesiapan sumur untuk produksi. Teknik ini memberikan kontrol yang presisi, meningkatkan aliran hidrokarbon, dan fleksibilitas untuk digunakan pada berbagai jenis formasi, sehingga penting untuk mengoptimalkan produktivitas sumur. Sumur SKW-33 berada di lapangan Sukowati Pad B.

### 3.5 Analisis Keberhasilan Re-Perforasi berdasarkan Data Produktivitas Sumur

Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan produktivitas sumur minyak, re-perforasi sering kali dijadikan solusi teknis untuk mengatasi berbagai masalah yang mempengaruhi aliran hidrokarbon. Sumur SKW-33 adalah salah satu contoh di mana re-perforasi dilakukan untuk meningkatkan produksi minyak yang sebelumnya berada pada tingkat yang rendah. Analisis keberhasilan re-perforasi ini penting untuk memahami sejauh mana intervensi teknis ini mampu meningkatkan produksi dan mengurangi masalah yang ada. Analisis ini akan mengevaluasi data produktivitas sumur secara mendalam untuk menilai dampak dari re-perforasi serta mempertimbangkan faktor-faktor yang berkontribusi terhadap keberhasilan dan tantangan yang dihadapi pasca-intervensi.



Gambar 3.8 Perbandingan Produksi Minyak Sebelum dan Sesudah Re-Perforasi

Berdasarkan gambar 3.8, dapat dianalisis bahwa re-perforasi pada sumur SKW-33 memberikan dampak yang signifikan terhadap produksi minyak. Sebelum re-perforasi, produksi minyak stabil tetapi rendah, berkisar antara 100 hingga 150 barel per hari (bopd) selama periode dari awal Januari 2023 hingga akhir Januari 2024. Periode ini menunjukkan bahwa sumur mengalami tingkat produksi yang konstan tanpa adanya peningkatan signifikan, yang mengindikasikan bahwa sumur tidak optimal dalam mengalirkan hidrokarbon.

Setelah dilakukan re-perforasi, terjadi peningkatan produksi minyak yang signifikan, mencapai puncaknya sekitar 305 bopd. Peningkatan ini menunjukkan bahwa re-perforasi berhasil membuka jalur baru atau memperbaiki jalur aliran hidrokarbon dari formasi ke sumur, memungkinkan produksi minyak yang lebih besar. Namun, meskipun ada peningkatan awal yang signifikan, produksi minyak mulai menurun secara bertahap setelah mencapai puncaknya. Peningkatan produksi minyak setelah re-perforasi sering kali diikuti oleh penurunan yang signifikan dalam waktu singkat. Beberapa faktor teoritis dapat menjelaskan fenomena ini. Salah satu penyebab utama penurunan produksi adalah berkurangnya tekanan dalam reservoir. Ketika produksi awal meningkat, tekanan formasi bisa turun drastis, mengurangi kemampuan reservoir untuk mendorong minyak ke sumur. Hal ini terutama terjadi pada sumur yang telah beroperasi lama, di mana saturasi minyak awal bergerak menuju saturasi minyak sisa, menyebabkan penurunan tekanan lebih lanjut.

Re-perforasi juga dapat menyebabkan *skin effect*, dimana kerusakan pada zona sekitar sumur mengurangi efisiensi aliran minyak. Kerusakan ini dapat terjadi akibat proses perforasi yang tidak tepat atau karena perubahan dalam kondisi reservoir. *Skin effect* yang tinggi dapat menambah hambatan aliran fluida, sehingga mengurangi laju produksi. Selain itu, fenomena *water coning*, dimana air dari zona bawah reservoir naik dan mencampuri aliran minyak, juga merupakan faktor penting. Ketika zona air mendekati perforasi, produksi air dapat meningkat secara signifikan, menggantikan minyak dalam aliran. Penurunan produksi juga bisa disebabkan karena kedalaman perforasi yang mungkin tidak sepenuhnya optimal [10]. Secara keseluruhan, meskipun re-perforasi dapat memberikan lonjakan awal dalam produksi minyak, faktor-faktor seperti penurunan tekanan reservoir, *skin effect*, dan *water coning* berkontribusi pada penurunan produksi yang cepat setelah mencapai puncaknya.

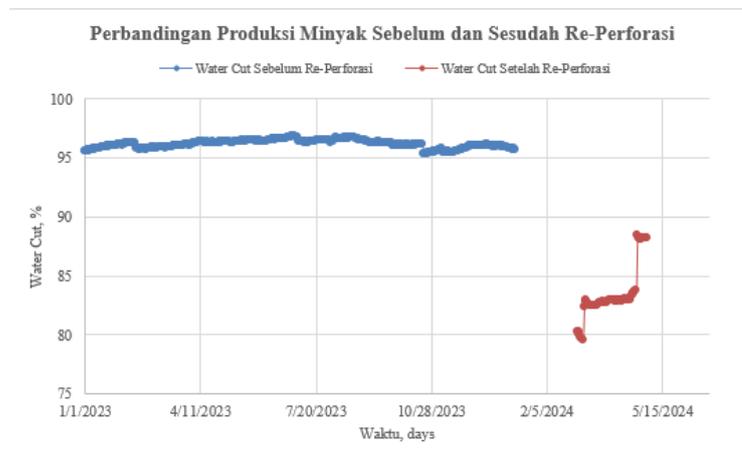
Hubungan antara hasil re-perforasi dan karakteristik reservoir di sumur SKW-33 menunjukkan adanya interaksi kompleks yang memengaruhi keberhasilan operasi. Re-perforasi yang dilakukan pada interval 8407-8412 ftMD dan 8432-8445 ftMD berdasarkan hasil logging mengindikasikan bahwa zona ini memiliki kandungan hidrokarbon yang signifikan, ditunjukkan oleh rasio karbon-oksigen (*C/O ratio*) yang tinggi serta *log density* dan *porosity* yang mendukung. Keberhasilan awal re-perforasi, dengan peningkatan produksi minyak dari 100-150 bopd menjadi 305 bopd, mengindikasikan bahwa interval yang dipilih memiliki permeabilitas yang cukup tinggi untuk mendukung aliran hidrokarbon. Namun, karakteristik reservoir yang heterogen, termasuk variasi permeabilitas dan porositas, berpotensi menciptakan zona-zona dengan kontribusi aliran yang tidak merata, sehingga memengaruhi keberlanjutan produksi.



Fenomena seperti *water coning* dan redistribusi tekanan reservoir juga erat kaitannya dengan sifat reservoir pasca re-perforasi. Produksi awal yang tinggi kemungkinan memicu penurunan tekanan secara signifikan di sekitar zona perforasi, mempercepat migrasi air dari zona bawah ke perforasi. Hal ini diperburuk oleh sifat reservoir yang mungkin memiliki zonasi kontak fluida yang dangkal, sehingga memperbesar peluang air untuk masuk ke sumur produksi. Selain itu, heterogenitas reservoir dapat menyebabkan beberapa zona terproduksi lebih cepat. Faktor ini menunjukkan bahwa meskipun interval re-perforasi dipilih berdasarkan data *logging* yang prospektif, sifat-sifat alami reservoir seperti distribusi fluida, tekanan, dan dinamika fluida tetap menjadi kendala utama yang memengaruhi hasil operasi.

Dari sudut pandang analisis keekonomian, meskipun ada peningkatan produksi minyak yang signifikan setelah re-perforasi, penurunan produksi yang cepat dapat mempengaruhi keekonomian proyek secara keseluruhan. Jika biaya re-perforasi dan operasi tambahan lainnya tidak sebanding dengan peningkatan total produksi minyak yang dapat dijual, maka proyek tersebut mungkin tidak ekonomis. Evaluasi keekonomian harus mempertimbangkan total biaya operasi, harga minyak, serta volume produksi yang dihasilkan selama umur sumur. Jika peningkatan produksi tidak dapat dipertahankan untuk jangka waktu yang cukup lama untuk menutupi biaya, maka investasi dalam re-perforasi mungkin tidak memberikan nilai tambah yang cukup.

Keberhasilan re-perforasi yang hanya bersifat sementara ini menunjukkan bahwa meskipun teknik tersebut efektif dalam jangka pendek, diperlukan pemantauan dan manajemen sumur yang berkelanjutan untuk memastikan produksi minyak yang stabil dalam jangka panjang. Sumur perlu dipantau terus-menerus untuk mengidentifikasi penyebab penurunan produksi dan mengambil tindakan korektif yang diperlukan. Selain itu, evaluasi teknis lebih lanjut dari formasi dan kondisi sumur diperlukan untuk memahami secara mendalam faktor-faktor yang mempengaruhi produksi pasca-reperforasi. Jika penurunan produksi berlanjut, intervensi tambahan seperti stimulasi sumur atau reperforasi pada interval lain mungkin diperlukan untuk meningkatkan produksi kembali. Secara keseluruhan, re-perforasi pada sumur menunjukkan keberhasilan awal dengan peningkatan produksi minyak yang signifikan, namun keberlanjutan produksi memerlukan strategi manajemen yang cermat dan intervensi berkelanjutan untuk menjaga dan meningkatkan efisiensi sumur dalam jangka panjang.



Gambar 3.9 Perbandingan *Water Cut* Sebelum dan Sesudah Re-Perforasi

Berdasarkan gambar 3.9, pada periode sebelum re-perforasi, *water cut* berada pada kisaran yang sangat tinggi, yaitu sekitar 95-96%. *Water cut* yang tinggi ini menunjukkan bahwa sebagian besar fluida yang diproduksi dari sumur adalah air, dengan hanya sedikit minyak yang dihasilkan. Hal ini mengindikasikan adanya masalah dalam sumur yang mungkin disebabkan oleh intervensi perforasi sebelumnya yang kurang efektif, atau formasi yang diproduksi memiliki kontak air yang signifikan. Setelah dilakukan re-perforasi, terjadi penurunan signifikan dalam *water cut*, yang turun hingga sekitar 80%. Penurunan ini menunjukkan bahwa re-perforasi berhasil mengurangi produksi air dan meningkatkan produksi minyak relatif terhadap air. Perforasi baru mungkin telah berhasil mengakses zona-zona formasi yang lebih kaya hidrokarbon atau lebih jauh dari kontak air, sehingga menghasilkan rasio minyak terhadap air yang lebih tinggi. Secara keseluruhan, re-perforasi menunjukkan keberhasilan yang signifikan dalam jangka pendek dengan penurunan *water cut* yang substansial, mengindikasikan peningkatan efisiensi dalam produksi hidrokarbon. Peningkatan *water cut* yang signifikan dalam waktu singkat setelah re-perforasi dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satu faktor utama adalah *water coning*, di mana air dari zona bawah reservoir naik ke zona produksi akibat penurunan tekanan yang disebabkan oleh produksi minyak yang tinggi. Ketika sumur diproduksi dengan laju yang tinggi, tekanan di sekitar perforasi menurun, menyebabkan air dari zona akuifer atau zona air bawah naik ke sumur produksi. Selain itu, re-perforasi yang tidak tepat sasaran atau terlalu dekat dengan zona air dapat membuka jalur baru bagi air untuk mengalir ke dalam sumur [11].



Faktor lain yang dapat berkontribusi adalah adanya *channeling* atau jalur aliran air yang terbentuk di dalam reservoir akibat heterogenitas formasi atau rekahan alam yang menghubungkan zona air dengan sumur produksi. Re-perforasi juga bisa menyebabkan redistribusi tekanan yang mempengaruhi aliran fluida dalam reservoir, yang bisa mempercepat masuknya air ke dalam zona produksi minyak. Selain itu, operasi produksi yang tidak optimal atau kurangnya manajemen air yang efektif juga bisa memperburuk kondisi *water cut* yang meningkat. Perbedaan mobilitas fluida antara air dan minyak juga menjadi faktor penting, terutama karena air yang lebih mudah bergerak sering mendominasi aliran ke sumur. Kesalahan dalam desain re-perforasi, seperti perforasi terlalu dekat dengan zona air, memperburuk situasi dengan membuka jalur baru bagi air [12]. Selain itu, manajemen produksi yang tidak optimal, seperti laju produksi yang terlalu agresif tanpa memperhitungkan risiko *water coning*, dapat mempercepat peningkatan *water cut*. Semua faktor ini secara bersama-sama mengurangi efisiensi produksi minyak, meningkatkan biaya operasi, dan memperpendek umur ekonomis sumur.

#### **IV. KESIMPULAN**

Pekerjaan re-perforasi pada sumur SKW-33 telah berhasil dilakukan. Hal ini dapat diamati dari peningkatan laju alir yang signifikan setelah dilakukan kegiatan re-perforasi pada sumur SKW-33. Sebelum re-perforasi, produksi minyak stabil tetapi rendah, berkisar antara 100 hingga 150 barel per hari (bopd) selama periode dari awal Januari 2023 hingga akhir Januari 2024. Setelah dilakukan re-perforasi, terjadi peningkatan produksi minyak yang signifikan, mencapai puncaknya sekitar 305 bopd. Selain itu, pada periode sebelum re-perforasi, *water cut* berada pada kisaran yang sangat tinggi, yaitu sekitar 95-96%. Setelah dilakukan re-perforasi, terjadi penurunan signifikan dalam *water cut*, yang turun hingga sekitar 80%. Penurunan ini menunjukkan bahwa re-perforasi berhasil mengurangi produksi air dan meningkatkan produksi minyak relatif terhadap air. Secara keseluruhan, re-perforasi menunjukkan keberhasilan yang signifikan dalam jangka pendek, namun keberlanjutan produksi memerlukan strategi manajemen yang cermat dan intervensi berkelanjutan untuk menjaga dan meningkatkan efisiensi sumur dalam jangka panjang. Untuk pengelolaan jangka panjang sumur SKW-33, disarankan pemantauan tekanan reservoir secara rutin dan pengendalian laju produksi untuk mencegah *water coning*. Selain itu, penerapan metode *water shut-off* dan stimulasi sumur dapat membantu mengurangi produksi air dan meningkatkan aliran hidrokarbon. Evaluasi data *logging* secara berkala juga penting untuk memastikan zona perforasi yang dipilih tetap optimal.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Abdulhadi, M., Mansor, M.N., Amiruddin, N.A., Van Tran, T., Jacobs, S., Abd Wahid, M.L., ... Yusop, Z. 2018. Maximizing oil recovery through gas-cap perforation in strong water-drive reservoir. *Society of Petroleum Engineers-SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition 2018, APOGCE 2018*. <https://doi.org/10.2118/192058-MS>
- [2] Finanti, Firdaus, & M. Yogi Satria. 2020. Evaluasi Pekerjaan *Squeeze Cementing* dengan Metode *Hesitate* pada Sumur Minyak. *Lebaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi*, Vol. 54 (2) pp. 69-79
- [3] Irawan, D., Utama, W. 2009. Analisis Data Well Log (Porositas, Saturasi Air, dan Permeabilitas) untuk menentukan Zona Hidrokarbon, Studi Kasus: Lapangan "ITS" Daerah Cekungan Jawa Barat Utara. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, Vol 5 (1) pp. 1-7
- [4] Agusman, A.R., Rasyid, A., & Lesmana, D.L. 2022. Evaluasi Water Shut Off dan Membuka Lapisan Baru Sumur Bagong di Lapangan Lesma. *Jurnal Bhara Petro Energi*, 1. Maret 38-43
- [5] Yazid, F.E., Hamid, A., Afifah, A.N. 2015. Evaluasi Penyemenan Casing Liner" pada Sumur X-1 dan Y-1 Blok LMG. *Seminar Nasional Cendekiawan*, ISSN : 2460-8696
- [6] Rubiandini, Rudi. (2010). Teknik Operasi Pemboran. Bandung : Penerbit ITB
- [7] Pradana, H. Y. 2015. Analisis *Squeeze Cementing* Berdasarkan Data Log CBL pada Sumur HA-11. *Prosiding Seminar Nasional Cendekiawan*, pp 487-495
- [8] Wathan, R.R., Shahab, I., & Rudyanto. 2001. Prediksi Potensi Hidrokarbon Secara Kualitatif Struktur Rantau dan Kuala Simpang Barat berdasarkan Evaluasi RST. *Proceeding Simposium Nasional IATMI 2001*, pp 1-7
- [9] Solesa, D.M. 2012. *OMV Petrom Workover Best Practices*. Buskares : Petrom
- [10] Wang, Q. 2022. *Flow Assurance*. USA : Gulf Professional Publishing
- [11] He, L., Feng, M., Yucai, W., Yang, G., & Cheng, J. 2014. Oil well perforation technology: Status and prospects. *Petroleum Exploration and Development*, 41(6), 798-804.
- [12] Roostaei, M., Soroush, M., Mohammadtabar, F., Mohammadtabar, M. 2021. Design for reliability : Experimental and numerical simulation of cased and perforation completions with standalone screen. *SPE Drilling & Completion*. 36 (3) : 680-706.