

PERBANDINGAN EFISIENSI PENANGANAN *SCALING* MENGGUNAKAN METODE *BULLHEAD ACIDIZING* DAN *MECHANICAL REAMING ACIDIZING* DI LAPANGAN XY

Henk Subekti^{1*}, Arista Rahma FA¹, Diyah Rosiani¹, Djoko Anityo Satya Wibowo²

¹Teknik Produksi Migas, PEM Akamigas Cepu, Blora, 58315

²PT. Geo Dipa Energi (Persero), Jakarta, 12740

*E-mail: henksubekti@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan energi geothermal untuk menghasilkan listrik di Indonesia kini baru mengoptimalkan 10% dari potensi yang tersedia. Seluruh perusahaan geothermal di Indonesia terus berupaya meningkatkan *output* mereka. Namun, dalam proses ini muncul sejumlah masalah yang bisa menyebabkan penurunan produksi. Setelah analisis dilakukan pada tingkat penurunan awal menggunakan metode *Decline Curve Analysis* (DCA), sumur RIS-01 menunjukkan penurunan awal sebesar 0.00157, sementara RIS-02 sebesar 0.00562. Hasil pengukuran indeks saturasi menggunakan metode *Silica Saturation Index* (SSI) dan *Calcite Saturation Index* (CSI) menunjukkan bahwa sumur RIS-01 memiliki nilai SSI 1.08 dan CSI -1.56, sedangkan sumur RIS-02 menunjukkan SSI 1.46 dan CSI -2.53. Ini mengindikasikan bahwa kedua sumur, RIS-01 dan RIS-02, mengalami masalah pembentukan *scale* yang serupa, yaitu *silica scaling*. Untuk mengatasi masalah *scale* di *wellbore* lapangan geothermal Dieng, dilakukan dua pendekatan yaitu *bullhead acidizing* pada sumur RIS-01 dan *mechanical reaming acidizing* pada sumur RIS-02. Penilaian efektivitas proses penanganan skala dilakukan berdasarkan parameter laju produksi melalui metode *Decline Curve Analysis* (DCA), yang mengungkapkan bahwa sumur RIS-01 mengalami peningkatan produksi dengan tingkat penurunan awal di angka 0.00418. Sementara itu, sumur RIS-02 menunjukkan pertumbuhan produksi yang cukup besar dengan *taux* penurunan awal sebesar 0.00077. Dari segi analisis ekonomi, sumur RIS-02 menawarkan keuntungan lebih dengan *B/C Ratio* 1.90 dan POT selama 15.8 hari, sedangkan sumur RIS-01 memperoleh *B/C Ratio* 1.89 dengan POT selama 16.1 hari.

Kata kunci: *scale, scaling growth, silica scaling, bullhead acidizing, mechanical reaming acidizing*

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi panas bumi yang sangat besar, mencapai 24 hingga 29,5 GW menjadikannya pilar utama dalam upaya transisi energi dari energi fosil menuju target 17,6 GW pada tahun 2050. Pemanfaatan energi panas bumi tidak hanya mendukung ketahanan energi nasional tetapi juga mewujudkan *green energy*. Tantangan operasional adalah masalah *scaling* di Dieng. Meskipun potensi yang dimiliki sangat besar, tantangan operasional seperti pengendapan mineral (*scaling*) menjadi hambatan signifikan yang dapat membatasi peningkatan kapasitas produksi. Di Lapangan Panas Bumi Dieng, *scaling* yang terjadi selama lebih dari dua dekade telah menyebabkan penurunan efisiensi produksi dan menghambat aliran fluida. Penanganan *scaling* yang efektif dan efisien merupakan kunci untuk memaksimalkan produksi dan memenuhi target pemerintah. Metode stimulasi sumur seperti *Bullhead Acidizing* dan *Mechanical Reaming Acidizing* telah umum digunakan untuk mitigasi *scaling*. Penelitian sebelumnya telah menguji keefektifan *Bullhead Acidizing*. Namun, belum ada perbandingan komprehensif antara dua metode penanganan *scaling* utama ini dalam konteks Lapangan Panas Bumi Dieng. Keputusan operasional mengenai metode mana yang paling optimal, baik dari segi

peningkatan produktivitas sumur maupun efisiensi biaya, masih memerlukan landasan data dan analisis yang kuat. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk menganalisis dan membandingkan dampak kedua metode stimulasi (*Bullhead Acidizing* dan *Mechanical Reaming Acidizing*) terhadap peningkatan produktivitas sumur di Dieng, sehingga dapat memberikan rekomendasi strategis untuk operasi penanganan scaling di masa depan [1].

Lapangan panas bumi Dieng, yang terletak di Jawa Tengah, Indonesia, merupakan salah satu sumber energi panas bumi yang memiliki potensi besar untuk pengembangan energi terbarukan. Namun, selama lebih dari dua dekade operasional, lapangan ini menghadapi masalah signifikan berupa pengendapan (*scaling*) yang dapat menghambat aliran fluida dan menurunkan efisiensi produksi. *Scaling* terjadi ketika mineral terlarut dalam brine mengalami presipitasi saat tekanan dan suhu berubah, yang sering kali disebabkan oleh perubahan kondisi operasional dalam sistem geothermal [2].

Metode penanganan *scaling* yang umum digunakan di industri geothermal termasuk *Bullhead Acidizing* dan *Mechanical Reaming Acidizing*. *Bullhead Acidizing* melibatkan injeksi asam ke dalam sumur untuk melarutkan endapan yang menghalangi aliran fluida. Penelitian menunjukkan bahwa metode ini dapat meningkatkan aliran produktivitas sumur, terutama dalam kondisi di mana scaling telah menyebabkan penurunan signifikan dalam produktivitas sumur [3]. Di sisi lain, *Mechanical Reaming Acidizing* menggunakan alat mekanis untuk mengikis endapan dari dinding sumur, yang juga berpotensi meningkatkan aliran fluida. Pada penelitian yang dilakukan oleh Siska Pratiwi dibahas mengenai keefektifan penanganan *scale* menggunakan metode *bullhead acidizing*, sedangkan pada penelitian kali ini membandingkan keefektifan penanganan *scale* menggunakan metode *bullhead acidizing* dan *mechanical reaming acidizing* [4].

2. METODE

Tahapan penelitian yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan yang penulis bahas dalam penelitian ini adalah tahap persiapan yang pertama. Melakukan studi kepustakaan dengan mencari referensi-referensi yang ada baik berupa artikel, buku, jurnal dan lain-lain yang berkaitan dengan pokok bahasan penelitian. Disini penulis bermaksud membandingkan kondisi langsung di lapangan dengan teori dari jurnal dan *text books*.

Setelah tahap persiapan yang meliputi pengumpulan literatur relevan, tahap berikutnya adalah pengumpulan data yang akan digunakan dalam penyusunan penelitian akhir. Pada tahap ini, dilakukan observasi dan pengumpulan data yang mencakup data sekunder yang tersedia di PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng serta data primer dan sekunder yang dikumpulkan langsung di lapangan. Selain itu, dilakukan wawancara langsung dengan pengelola lapangan untuk memperoleh data tambahan.

A. Sumber Data

a. Data Primer

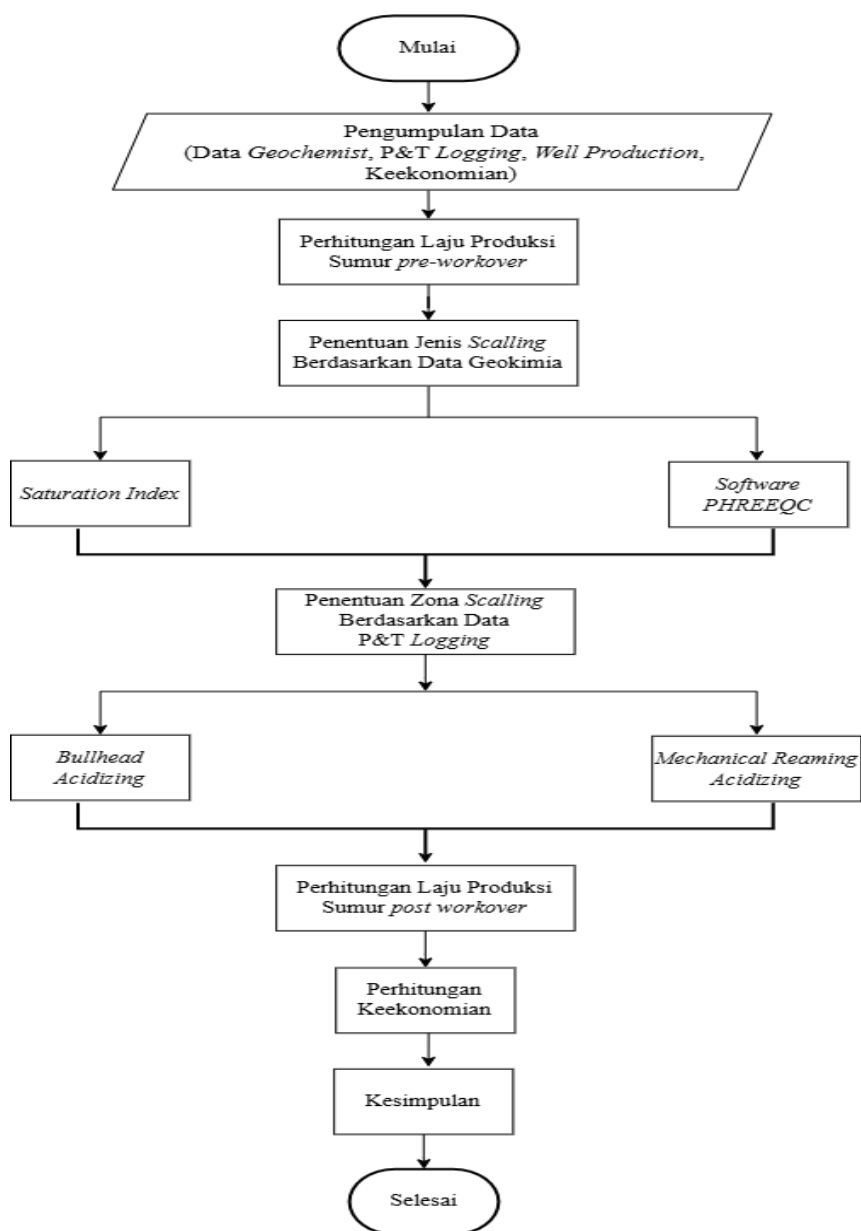
Data primer merupakan data yang dikumpulkan melalui observasi lapangan langsung, seperti data uji produksi, data uji laboratorium sampel air garam, dan data pemantauan produksi. Selain itu, data primer juga diperoleh melalui wawancara dan diskusi dengan manajer lapangan serta pakar yang memberikan informasi relevan untuk penelitian ini.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang di ambil dari beberapa laporan-laporan atau referensi-referensi serta informasi asli terkait dengan judul penelitian di lapangan yang akan dilakukan penelitian yang dikumpulkan oleh penulis merupakan data asli milik perusahaan PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng.

B. Metode Pengumpulan Data

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Wawancara dilaksanakan dengan mengajukan pertanyaan secara langsung kepada manajer lapangan dan para ahli teknis, baik yang berada di lokasi maupun di laboratorium PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng, yang memiliki keahlian dan pengalaman dalam bidangnya. Dengan cara ini, permasalahan yang muncul dapat diselesaikan melalui berbagai metode yang berbeda. Pengumpulan data melalui informasi tentang hal-hal atau variabel yang berupa gambar, catatan, buku, dan sejenisnya, yang berasal dari PT Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng [5].



Gambar 1 Diagram Alir

Proses pengumpulan data dilakukan dengan merujuk pada teori-teori yang relevan terkait perumusan masalah. Referensi terdiri dari buku, jurnal, makalah, artikel, [6], [7],[8] dan laporan penelitian [9],[10], serta sumber lainnya untuk melakukan prosedur *Trial Error and Chi-Square*

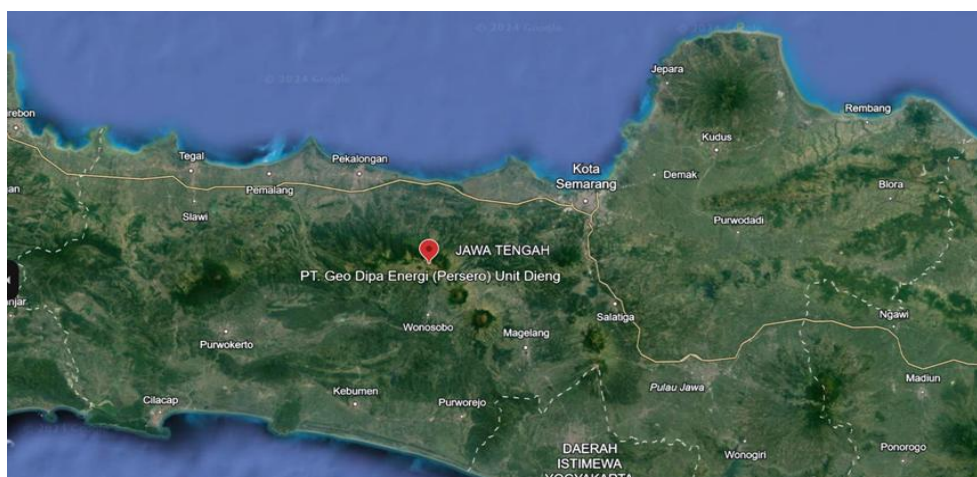
Test, yang digunakan dalam analisis *Decline Curve Analysis* (DCA), Metode Analisis *Saturation Index* [11],[12], Metode Analisis Ekonomi, dan Prosedur *Treatment*, serta *Sampling* dan Analisa Laboratorium. Data yang digunakan berasal dari sumber lapangan, tabel korelasi, grafik, serta asumsi. Data yang dikumpulkan mencakup:

1. Data *well profile*,
2. Data geochemist (pH, kandungan mineral *brine water* seperti : HCO_3^- , Ca, SiO_2),
3. Data laju produksi harian sumur *pre-work over* dan *post-work over* (*Well Head Pressure, steam flow rate, well out-put*)
4. Data *P&T Logging*
5. Data *Maximum Clearance Depth* (MCD)
6. Data Keekonomian (total biaya investasi (OPEX), harga jual listrik menurut usulan Perusahaan dan Peraturan Presiden No. 12 Tahun 2022)

3. PEMBAHASAN

A. Lokasi Penelitian

PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng berada di Jawa Tengah, lebih tepatnya di Kabupaten Banjarnegara, Kecamatan Batur, di wilayah Dieng, yang terletak di area pegunungan seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Ketinggian daerah ini berkisar antara 2000 hingga 2200 meter di atas permukaan laut, dengan suhu rata-rata di Dieng berkisar antara 9° hingga 19° Celsius pada musim kemarau, serta dapat mencapai nilai di bawah 0° Celsius, yang menunjukkan bahwa suhu dapat turun hingga mencapai titik beku. Karena wilayah operasi yang sangat luas yaitu 107.351.995 hektar, terdapat beberapa lokasi yang tersebar, bahkan ada lokasi yang jaraknya cukup jauh terpisah, dan berada di dua wilayah Kabupaten yang berbeda, yaitu Kecamatan Batur di Kabupaten Banjarnegara serta Kecamatan Kejajar di Kabupaten Wonosobo [5].



Gambar 2. Letak Posisi PT. Geo Dipa Energi (Persero) Unit Dieng

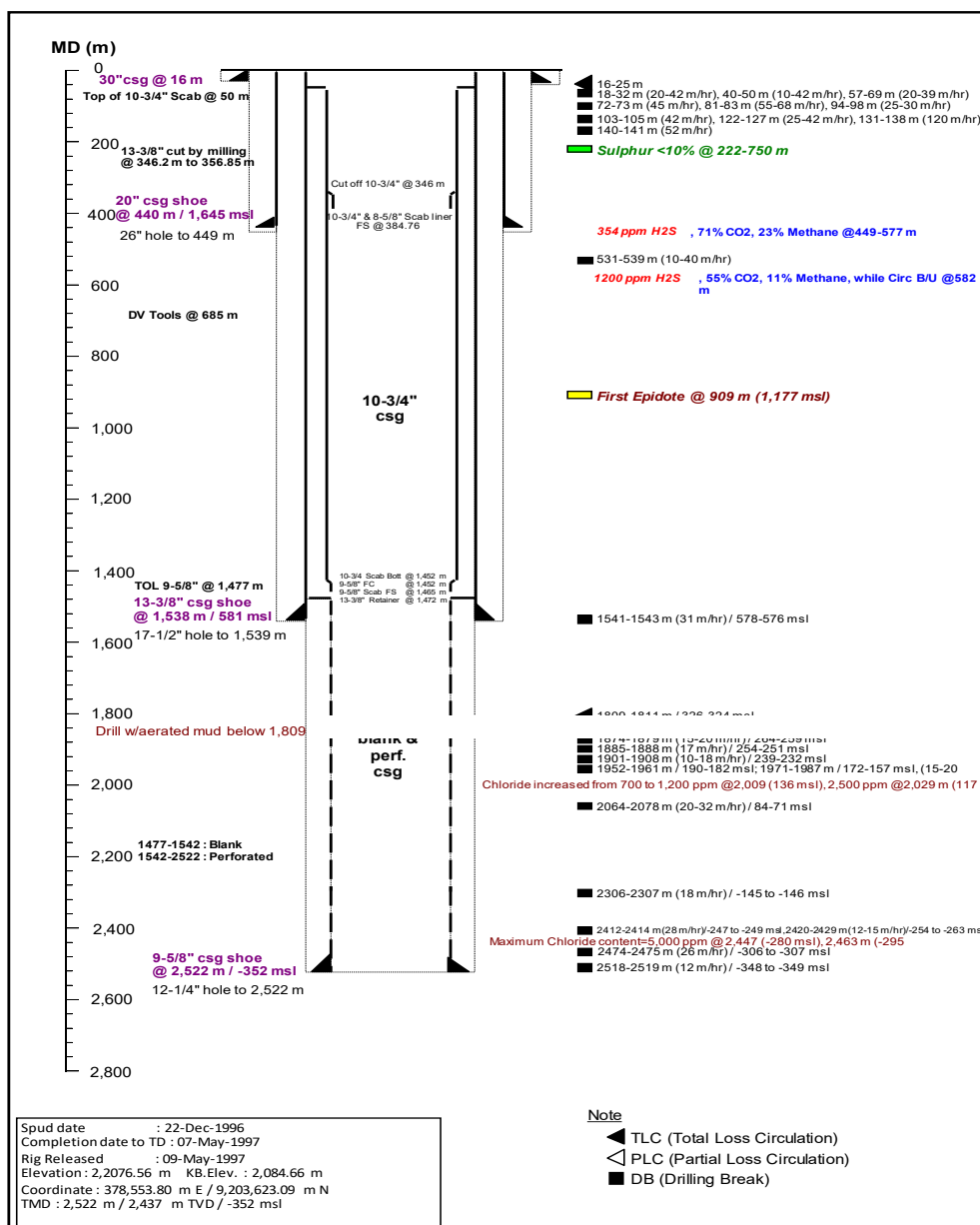
B. Well Profile

Sumur RIS-01 merupakan salah satu sumur produksi yang dikelola oleh PT. Geo Dipa Energi Unit Dieng yang berlokasi diantara dua kabupaten yaitu, Kabupaten Wonosobo dan Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Pada sumur RIS-01 ini memiliki karakteristik *reservoir hot water dominated*. Berdasarkan data *well profile* sumur XZY-01 yang disajikan pada tabel 1, sumur produksi RIS-01 berada pada koordinat permukaan 9.203.623,09 mN; 378.553,8 mE dengan kedalaman total 2437 mTVD dan kedalam ukur sebesar 2522 mMD. Berdasarkan data skematik sumur produksi RIS-01 pada Gambar 3, tampak bahwa sumur produksi RIS-01 meng-

gunakan casing produksi ukuran 10-³/₄" dan slotted liner dengan ukuran 9-⁵/₈", serta ukuran diameter kedalaman akhir sebesar 12-¹/₄",

Tabel 1. Data Well Profile Sumur Produksi RIS-01

Surface coord.	9,203,623.09 mN; 378,553.8 mE
Ground Elev.	2076.56 masl
KB. Elev.	2084.51 masl
Max. angle	21.5°
Total Depth (from cellar)	2522 mMD/ 2437 mTVD/ -353 msl



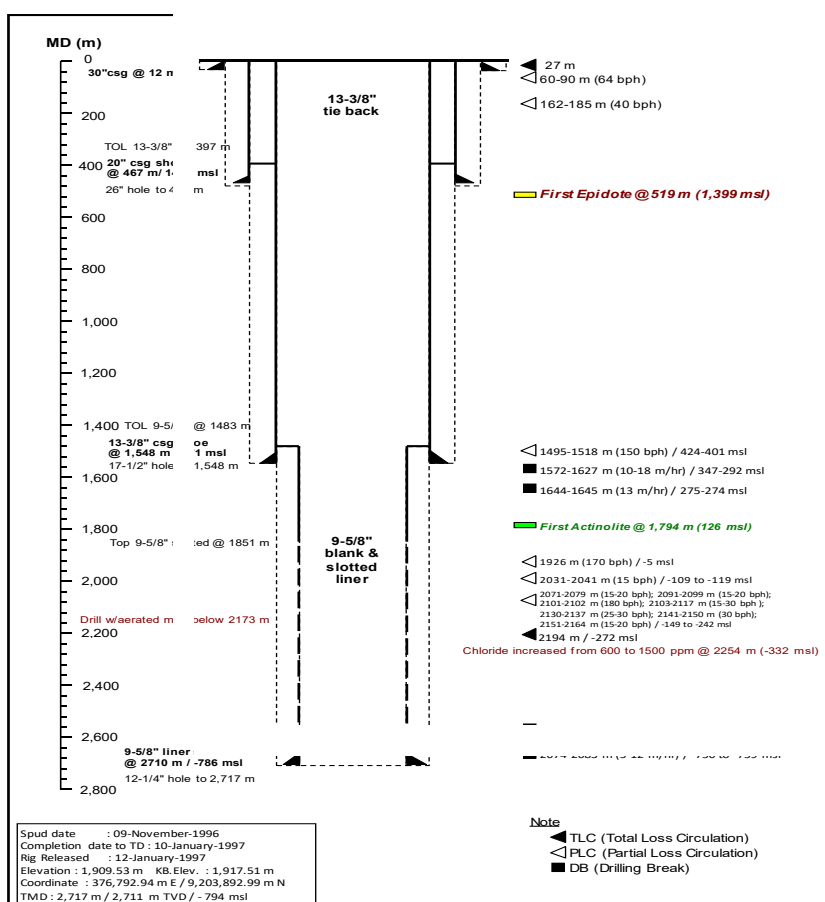
Gambar 2. Data Skematik Sumur Produksi RIS-01

Sumur produksi RIS-02 merupakan salah satu sumur produksi yang dikelola oleh PT. Geo Dipa Energi Unit Dieng yang berada di diantara dua kabupaten yaitu, Kabupaten Wonosobo dan Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Sama halnya dengan sumur RIS-01, sumur produksi RIS-02 ini juga sumur yang memiliki karakteristik *reservoir hot water dominated*. Berdasarkan data *well profile* pada sumur RIS-02 yang ditunjukkan pada Tabel 2, sumur RIS-02 berada pada koordinat 9,203,892.99 mN; 378,792.94 mE dengan kedalaman total sumur sebesar 2711 mTVD dan kedalam ukur sebesar 2717 mMD.

Tabel 2. Data Well Profile Sumur Produksi RIS-02

Surface coord.	9,203,892.99 mN; 378,792.94 mE
Ground Elev.	1909.53 masl
KB. Elev.	1917.51 masl
Max. angle	7°
Total Depth (from cellar)	2717 mMD/ 2711 mTVD/ -794 masl

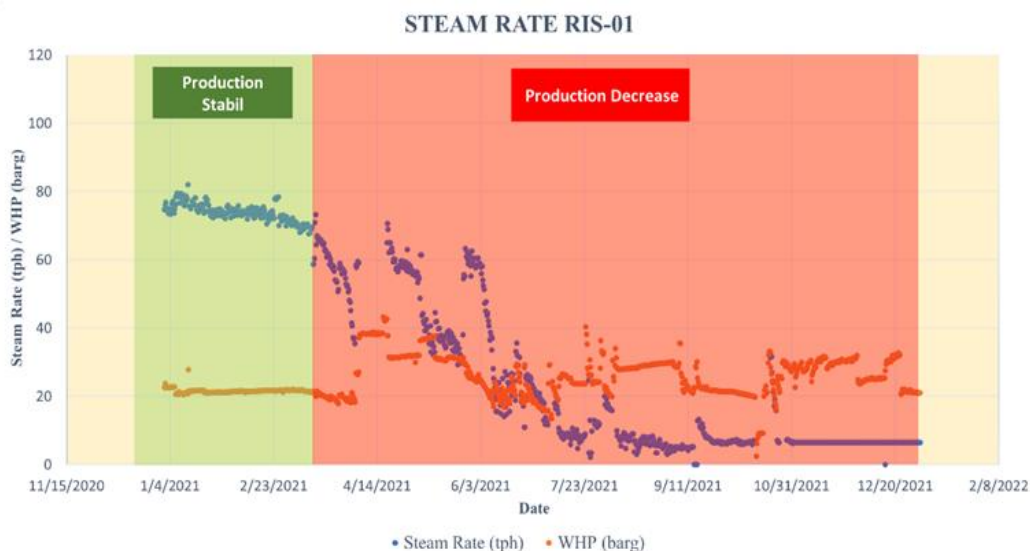
Berdasarkan data skematik sumur produksi RIS-02 bahwa sumur produksi RIS-02 ini menggunakan *casing* produksi dengan ukuran diameter 13-3/8" dan *slotted liner* dengan ukuran diameter 9-5/8", serta ukuran diameter kedalaman akhir sebesar 12-1/4", yang ditunjukkan pada Gambar 4. dibawah ini.



Gambar 4. Data Skematik Sumur Produksi RIS-02

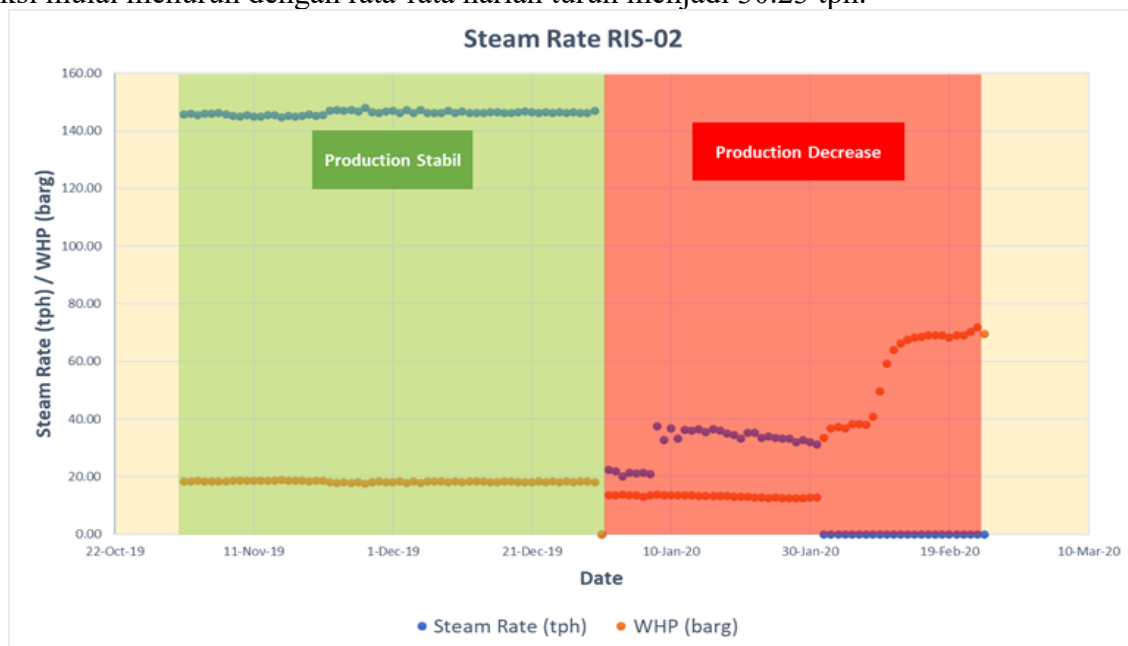
C. Analisa Penurunan Laju Produksi

Sumur RIS-01 telah mulai berproduksi kembali sejak 3 Juni 2020, yang sebelumnya dilakukan *work over tie back* pada Desember 2019. Gambar 5 menyajikan grafik persebaran data pada sumur produksi RIS-01. Dimana pada grafik tersebut menunjukkan bahwa pada bulan Januari 2021 hingga April 2021, produksi sumur stabil dengan rata-rata produksi sebesar 69.9 tph. Namun sejak 14 April 2021 mulai terjadi penurunan produksi, dengan rata-rata produksi harian sebesar 18 tph.



Gambar 5. Steam Flow Rate Sumur Produksi RIS-01

Sumur produksi RIS-02 ini merupakan salah satu sumur produksi yang mulai dioperasikan kembali sejak 29 Oktober 2019, setelah dilakukannya *work over tie back* pada Agustus 2019. Gambar 6. menampilkan grafik distribusi data produksi sumur RIS-02. Dari grafik tersebut terlihat bahwa selama periode Oktober 2019 hingga Desember 2019, produksi sumur relatif stabil dengan rata-rata sekitar 140.1941287 ton per jam (tph). Namun, sejak 14 April 2021, produksi mulai menurun dengan rata-rata harian turun menjadi 30.23 tph.



Gambar 6. Steam Flow Rate Sumur Produksi RIS-02

D. Decline Curve Analysis (DCA)

Pada sumur produksi RIS-01 dilakukan perhitungan mengenai nilai *intial decline*, hal ini dapat dilihat pada Gambar 5 bahwa terjadi penurunan produksi pada sumur produksi RIS-01. Pada perhitungan *intial decline*, dimulai pada 24 Mei 2021 hingga 11 Desember 2021, hal ini dikarenakan pada kurun waktu tersebut sudah tidak dilakukan stimulasi sumur menggunakan metode buka datar sumur. Berdasarkan analisa menggunakan metode *Trial Error and X2-Chisquaere Test* bahwa tipe *decline* yang terbentuk yaitu *exponential decline* dengan nilai b adalah 0. Dalam perhitungan *intial decline* tipe eksponensial, menggunakan data produksi awal sebesar 16.9 tph dan data produksi akhir sebesar 6.5 tph. Persamaan yang digunakan untuk memperoleh nilai *initial decline* (D_i) sebagai berikut :

$$D_i = \frac{\ln(q_i/q)}{t} \quad (1)$$

Berdasarkan, hasil perhitungan nilai *initial decline* sumur RIS-01 bahwa terjadi penurunan performa produksi dengan nilai D_i sebesar 0.00157, menggunakan data laju produksi sumur dengan kurun waktu 7 bulan. Hal ini juga terjadi pada sumur produksi RIS-02. Analisa mengenai besarnya *initial decline* yang terjadi setiap tahunnya akibat terjadinya penurunan laju produksi sumur yang dapat dilihat pada Gambar 6. Perhitungan *intial decline* menggunakan data laju produksi pada 1 November 2019 sebesar 145.65 tph hingga 31 Januari 2020 sebesar 30.8 tph. Selanjutnya dilakukan penentuan tipe *decline* yang terbentuk, menggunakan metode *Trial Error and X2-Chisquaere Test* bahwa tipe *decline* yang terbentuk pada sumur RIS-02 yaitu *exponential decline* dengan nilai $b = 0$. Dalam menentukan besarnya nilai *initial decline* (D_i) digunakan pers. (1). Berdasarkan hasil perhitungan *intial decline* pada sumur 0.00562 RIS-02 dalam kurun waktu produksi sumur selama 3 bulan.

E. Analisa Pembentukan *Scaling*

Analisa pembentukan *scaling* menggunakan metode *Silica Saturation Index* (SSI) dapat diperoleh dengan mengambil *sample brine water*. *Sample brine water* tersebut kemudian dilakukan analisa laboratorium lebih lanjut untuk mengetahui kandungan kimia yang terlarut pada *sample brine water*. Dalam menentukan kandungan SiO_2 dalam *sample brine water* menggunakan metode spektrofotometri dengan alat *Spectrophotometer Vis* (DR-6000), sedangkan dalam menentukan nilai pH dari *sample brine water* menggunakan alat pH meter. Tabel 3 merupakan data geokimia sumur untuk menentukan nilai SSI.

Tabel 3. Data Geokimia Sumur untuk menentukan nilai SSI

Well	Temp Brine	Temp Brine	SiO_2	pH
	DegK	DegC	ppm	unit
RIS-01	455.47	182.47	896	6.16
RIS-02	455.24	182.24	1199	5.59

Setelah dilakukannya *sampling* dan analisa laboratorium diperoleh data geokimia sumur RIS-01 dan RIS-02. Berdasarkan data geokimia tersebut dilakukan perhitungan *Silica Saturation Index* (SSI) persamaan Fournier-potter sebagai berikut :

$$SiO_2 = \left(\frac{-731}{10(T_{DegK})} \right) + 452 \quad (3)$$

Berdasarkan persamaan tersebut diperoleh nilai *silica amorf* pada sumur RIS-01 sebesar 822.3646602. Kemudian, dilanjutkan dengan melakukan perhitungan untuk memperoleh nilai SSI pada sumur tersebut dengan persamaan sebagai berikut :

$$SSI = \frac{Q(t_1, m)}{[s(T, m)]} \quad (4)$$

Berdasarkan hasil perhitungan dengan membandingkan nilai konsentrasi SiO₂ dari hasil Analisa di laboratorium dengan konsentrasi *silica amorf* maka diperoleh nilai SSI pada sumur RIS-01 yaitu 1.08954098. Dalam melakukan perhitungan SSI tersebut, yang juga diterapkan pada sumur RIS-02 dan memperoleh nilai SSI sebesar 1.46071538. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada sumur RIS-01 dan RIS-02 memiliki nilai SSI > 1 yang berarti fluida terproduksi pada kedua sumur tersebut dalam kondisi *supersaturated* atau sangat jenuh yang menyebabkan terbentuknya *scaling* dengan jenis *silica*. Tabel 4 menunjukkan hasil perhitungan SSI pada sumur RIS-01 dan sumur XYZ-2.

Tabel 4. Hasil Perhitungan SSI

Well	Silica Amorf	SSI	Keterangan
RIS-01	822.3646602	1.08	<i>Silica scaling deposit</i>
RIS-02	820.8306799	1.46	<i>Silica scaling deposit</i>

Sama halnya dengan metode *Silica Saturation Index* (SSI) yang digunakan untuk menentukan pembentukan *scaling* dengan jenis *silica*. Pada metode *Calcite Saturation Index* (CSI) juga digunakan untuk menentukan pembentukan *scaling* dengan jenis *calcite* atau kalsium karbonat. Pada metode SSI, parameter senyawa yang diperhatikan yaitu berdasarkan konsentrasi *silica* atau SiO₂, sedangkan pada metode CSI berdasarkan konsentrasi senyawa kalsium atau Ca dan senyawa karbonat atau HCO₃. Dalam memperoleh kandungan senyawa Ca dan HCO₃, perlu dilakukan Analisa lebih lanjut di laboratorium. Pada Analisa konsentrasi senyawa kalsium (Ca) dalam *sample brine* menggunakan metode absorpsi dengan alat *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS), sedangkan pada Analisa konsentrasi HCO₃ dilakukan dengan metode titrasi asam basa, menggunakan larutan HCl 0.1 N hingga pH sample turun menjadi 3.8. Hasil Analisa konsentrasi Ca dan HCO₃ pada laboratorium masih dalam satuan mg/L yang kemudian di konversi dalam satuan mol/L. Tabel 5 menunjukkan data geokimia yang digunakan untuk menentukan nilai CSI pada sumur produksi RIS-01 dan RIS-02.

Tabel 5. Data Geokimia Sumur untuk Menentukan nilai CSI

Well	Temp Brine	HCO ₃	Ca	CO ₃	HCO ₃	Ca	CO ₃	pH
	DegC	mg/L			mol/L			unit
RIS-01	182.47	32	579	0.000338508	0.000256	0.014446108	1.11708E-08	6.16
RIS-02	182.24	21	264	4.68614E-07	0.000168	0.0132	1.54643E-11	5.59

Dalam menentukan nilai *Calcite Saturation Index* (CSI) menggunakan persamaan Stiff and Davis [13]. Sebelum memperoleh nilai CSI, dilakukan berdasarkan ion-ion yang terlarut dalam *sample brine water*, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai pCa dan pAlk yang digunakan un-

tuk memperoleh nilai CSI kedua sumur tersebut. Nilai CSI pada sumur RIS-01 sebesar -3.4677, sedangkan pada sumur RIS-02 sebesar -4.5617. Berdasarkan hasil CSI tersebut, menunjukkan bahwa sumur produksi RIS-01 dan RIS-02 memiliki nilai CSI < 1 yang berarti bahwa fluida dalam keadaan *undersaturated* tidak menunjukkan adanya pembentukan *scaling* dengan jenis calcite atau kalsium karbonat. Tabel 6 dan 7 menunjukkan hasil perhitungan CSI sumur RIS-01 dan RIS-02.

Tabel 6. Hasil Perhitungan CSI

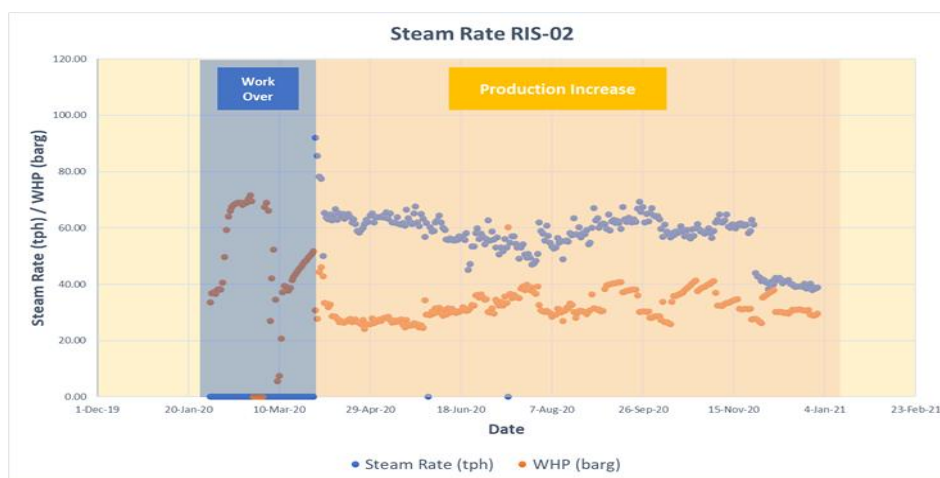
Well	pCa	pAlk	CSI
RIS-01	1.840	3.280	-1.561
RIS-02	2.181	3.463	-2.535

Tabel 7. Klasifikasi Perhitungan CSI

Well	CSI	Klasifikasi	Keterangan
RIS-01	-1.561	CSI < 1	Calcite scaling not deposite
RIS-02	-2.535	CSI < 1	Calcite scaling not deposite

F. Penanganan *Scaling*

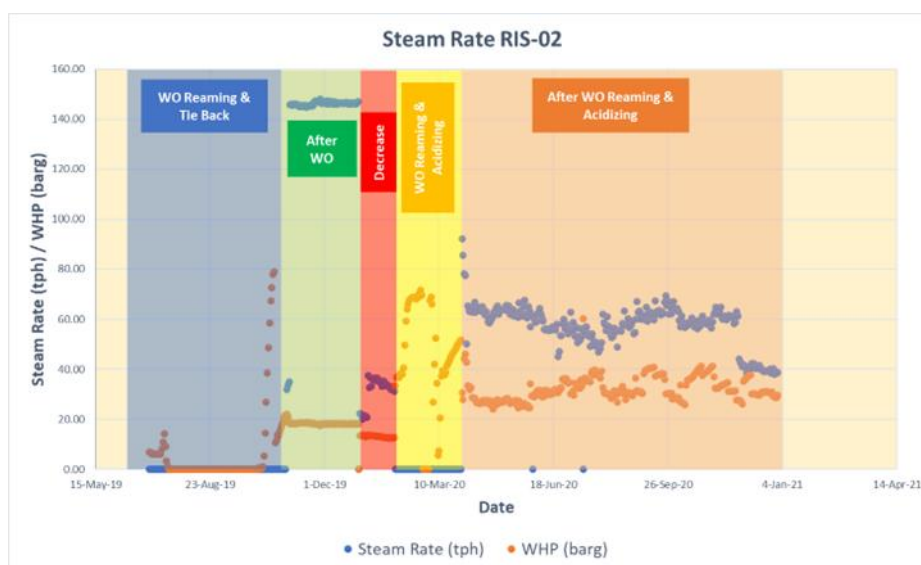
Sumur produksi RIS-01 dilaksanakan pekerjaan *work over* dengan metode *mechanical reaming acidizing* untuk melakukan penanganan *scaling* yang terbentuk pada *wellbore* lebih tepat pada rangkaian *slotted liner*. Pekerjaan *work over mechanical reaming acidizing* ini dilaksanakan mulai bulan Januari 2020 hingga diproduksi kembali pada bulan April 2020, yang disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Steam Flow Rate Post-Work Over Sumur Produksi RIS-02

Gambar 7 memberikan informasi mengenai grafik persebaran data terkait dengan *history* performa produksi *pre-work over* hingga *post-work over* sumur produksi RIS-01. Berdasarkan grafik tersebut, performa produksi stabil hingga bulan April 2021 dengan hasil rata-rata *steam flow* yang di diproduksi sebesar 69.9 tph, selanjutnya terjadi penurunan performa produksi sejak bulan April 2021 hingga Februari 2022 dengan rata-rata steam flow yang terproduksi sebesar 18 tph. Sejak bulan Februari hingga Maret 2022 dilakukan kegiatan *work over bullhead acidizing*, sehingga sumur dalam keadaan *shut-in* atau tidak berproduksi. Setelah kegiatan *work over* dilaksanakan, sumur kembali berproduksi pada bulan Juli 2022, dengan rata-rata *steam* yang di diproduksi pada bulan pertama sebesar 45 tph.

Gambar 7 menyajikan grafik distribusi data historis performa produksi sumur RIS-02 dari periode *pre* hingga sesudah *post work over*. Berdasarkan grafik tersebut, performa produksi menunjukkan kondisi stabil hingga bulan Desember 2019, dengan rata-rata laju produksi uap (*steam flow*) mencapai 140.19 ton per jam (tph). Namun, mulai bulan Januari 2021 hingga Februari 2020, terjadi penurunan signifikan dalam performa produksi, dengan rata-rata *steam flow* menurun menjadi sekitar 30.23 tph. Pada periode Februari hingga Maret 2020, dilakukan kegiatan *work over* berupa *mechanical reaming acidizing*, sehingga sumur berada dalam kondisi *shut-in* dan tidak berproduksi. Setelah kegiatan *work over* selesai dan sumur kembali dioperasikan pada bulan April 2020, tercatat peningkatan produksi dengan rata-rata *steam flow* pada bulan pertama sebesar 63.66 tph. Data ini menunjukkan adanya pemulihan performa sumur sebagai respons terhadap kegiatan *work over* yang telah dilaksanakan.



Gambar 8. Steam Flow Rate Sumur Produksi RIS-02

G. Kelayakan Keekonomian

Analisa kelayakan ekonomi pada sumur RIS-01 dan sumur RIS-02 menggunakan harga jual menurut usulan Perusahaan yaitu sebesar USD 0.070216/kWh. Berdasarkan hasil analisa kedua sumur tersebut, sumur RIS-02 dengan penanganan *scaling* menggunakan metode *mechanical reaming acidizing* dinilai lebih ekonomis dibandingkan dengan sumur produksi RIS-01 dengan menggunakan metode *bullhead acidizing*.

Tabel 8 menyajikan hasil analisa kelayakan keekonomian berdasarkan asumsi harga jual Listrik menurut Peraturan Presiden No. 112 Tahun 2022 pada Tabel 9, pada sumur RIS-01 besarnya nilai *B/C-Ratio* yang diperoleh 1.95, sehingga dikatakan profit atau manfaat yang dihasilkan lebih besar dari biaya yang dikeluarkan karena nilai *B/C-Ratio* >1. Nilai POT pada sumur RIS-01 se-lama 15.4 hari. Pada sumur RIS-02 besarnya nilai *B/C-Ratio* yaitu 1.99 dan nilai POT selama 15.1 hari.

Tabel 8. Analisa Kelayakan Ekonomi Sumur RIS-01 dan RIS-02 Usulan Perusahaan

Parameter	RIS-01	RIS-02
Biaya Investasi	\$ 165,902.46	\$ 377,632.18
Cash Inflow	\$ 10,373.99	\$ 23,629.65
Harga Jual Listrik	\$ 0.07	\$ 0.07
Total Cash Flow	\$ 308,732.45	\$ 716,154.33
NPV	\$ 108,482.78	\$ 226,077.59
Pay Out Time (day)	16.1	15.8
B/C-Ratio	1.86	1.90

Tabel 9. Analisa Kelayakan Ekonomi Sumur RIS-01 dan RIS-02 menurut Perpres No.12 Tahun 2022

Parameter	RIS-01	RIS-02
Biaya Investasi	\$ 165,902.46	\$ 377,632.18
Cash Inflow	\$ 10,772.40	\$ 24,734.81
Harga Jual Listrik	\$ 0.0735	\$ 0.0735
Total Cash Flow	\$ 323,171.86	\$ 749,648.84
NPV	\$ 113,556.52	\$ 236,651.23
Pay Out Time (day)	15.4	15.1
B/C-Ratio	1.95	1.99

Berdasarkan hasil analisa kelayakan keekonomian menggunakan harga jual Listrik sesuai dengan usulan Perusahaan dan menurut Perpres No. 12 Tahun 2022, bahwa Perusahaan akan dinilai lebih cepat memperoleh keuntungan jika Perusahaan menggunakan harga jual Listrik menurut Perpres No. 112 Tahun 2022. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai B/C-Ratio pada kedua sumur tersebut lebih besar dan nilai POT lebih cepat, yang ditunjukkan pada Tabel 10. Menyusul penjelasan tersebut, dapat dibuat Tabel 11 yang menunjukkan perbedaan signifikan dalam efektivitas penanganan *scaling* antara dua metode yang diterapkan.

Tabel 10. Analisa Kelayakan Keekonomian berdasarkan Harga Jual Listrik menurut Usulan Perusahaan dan Perpres No. 112 Tahun 2022

Sumur RIS-01		
Harga Jual Listrik/kWh	Pay Out Time (day)	B/C-Ratio
Usulan Perusahaan	16.1	1.86
Perpres No. 112 Tahun 2022	15.4	1.95
Sumur RIS-02		
Harga Jual Listrik/kWh	Pay Out Time (day)	B/C-Ratio
Usulan Perusahaan	15.8	1.90
Perpres No. 112 Tahun 2022	15.1	1.99

Tabel11. Perbandingan Efektivitas Metode Penanganan Scaling

Sumur	Metode Penanganan	Penurunan Awal (<i>Initial Decline</i>) Sebelum Penanganan	Penurunan Awal (<i>Initial Decline</i>) Setelah Penanganan	Hasil Produksi	Kesimpulan Efektivitas
RIS-01	<i>Bullhead Acidizing</i>	0,00157	0,00418 (Meningkat)	Kenaikan produksi singkat, kemudian turun kembali cepat (≤ 1 bulan).	Kurang Efektif
RIS-02	<i>Mechanical Reaming Acidizing</i>	0,00562 (Signifikan)	0,00077 (Menurun Drastis)	Terjadi kenaikan produksi yang stabil dan berkelanjutan.	Efektif

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil *sampling brine water* dan analisa laboratorium mengenai kandungan ion-ion yang terlarut pada *sample brine water*, yang dilanjutkan analisa *saturation index* menggunakan metode *silica saturation index* (SSI), dan *calcite saturation index* (CSI) didapatkan bahwa pada sumur RIS-01 memiliki kecenderungan terbentuk *scaling* dengan jenis *silica* karena nilai $SSI > 1$ dan $CSI < 1$. Hasil analisis mengenai produktivitas sumur sebelum tindakan penanganan *scaling*, bertumpu pada data produksi harian sumur yang diperoleh dari pemantauan harian yang kemudian ditunjukkan dalam bentuk tren antara WHP dan uap yang dihasilkan. Pada sumur produksi RIS-01, terlihat adanya penurunan produksi jika merujuk pada tren tersebut, lalu dilakukan perhitungan untuk menilai penurunan awal dan ditemukan angka sebesar 0,00157. Kemudian, untuk sumur RIS-01, dilakukan penanganan *scaling* dengan metode *bull-head acidizing*. Setelah penanganan *scaling*, sumur RIS-01 mulai diproduksi kembali, meskipun pada grafik antara WHP dan laju aliran uap menunjukkan bahwa ada peningkatan aliran uap di awal produksi. Namun, produksi kembali menurun dalam waktu yang sangat singkat,

yaitu kurang dari satu bulan, dan saat dilakukan perhitungan penurunan awal pada sumur RIS-01 setelah penanganan *scaling*, diperoleh angka 0,00418. Berdasarkan kondisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa penanganan *scaling* pada sumur RIS-01 kurang efektif dengan metode *bullhead acidizing*.

Pada sumur RIS-02, dilakukan evaluasi produktivitas sumur dengan merujuk pada grafik WHP vs laju aliran uap, terlihat adanya penurunan produksi yang signifikan serta dihitung penurunan awal sebesar 0,00562, yang disebabkan oleh pembentukan *scaling*. Oleh karena itu, langkah berikutnya adalah melakukan penanganan *scaling* dengan menggunakan metode *mechanical reaming acidizing*. Setelah sumur RIS-02 mulai diproduksi kembali, evaluasi berdasarkan kinerja produksi menunjukkan peningkatan stabil pada produksi dan angka penurunan awal sebesar 0,00077. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penanganan *scaling* dengan metode *mechanical reaming acidizing* memiliki efektivitas yang baik untuk diterapkan.

Pada penanganan *scaling* perlu dilakukan analisa terkait kelayakan keekonomian. Pada penanganan *scaling* yang diterapkan pada sumur RIS-01 dengan metode *bullhead acidizing* kurang efektif jika dibandingkan dengan metode *mechanical reaming acidizing* yang diterapkan pada sumur RIS-02. Hal tersebut dilihat berdasarkan komparasi nilai B/C-R *mechanical reaming acidizing* sebesar 1.95 lebih tinggi dibandingkan dengan nilai B/C-R *bullhead acidizing* yaitu 1.86. Selain itu nilai POT *mechanical reaming acidizing* 15.4 yaitu lebih cepat jika dibandingkan dengan nilai POT *bullhead acidizing* yaitu 16.1. Untuk mengatasi masalah *Silica Scaling* di lapangan XY, metode *Mechanical Reaming Acidizing* adalah pilihan yang paling efektif baik dari sudut pandang teknis (pemulihan dan stabilitas produksi) maupun sudut pandang keekonomian.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sofyan, A., et al., “Investigation of Zone and Type of Scaling Based on the Fluid Flow Pattern in the Geothermal Well X” at the Salak Geothermal Field – Indonesia”. International Journal of Renewable Energy Research, 2024. 14(1), 192–202. <https://doi.org/10.20508/ijrer.v14i1.14254.g8879>
- [2] Sofyan, A., et al. “Determination of Scaling Zone and Scaling Type in Slotted Liner Based on the Fluid Flow Pattern in the Geothermal Well X.” International Journal of Renewable Energy Research, 13(1), 276–286. <https://doi.org/10.20508/ijrer.v13i1.13603.g8681>.
- [3] Permana, M. A. I. ,”Kajian Potensi Silica Scaling Pada Pipa Produksi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (Geothermal)”. Jurnal Material dan Energi Indonesia, 2017,7(01), 39. <https://doi.org/10.24198/jmei.v7i01.12255>
- [4] Wulandari, S. P. P,”Analisa Kegiatan Stimulasi Acidizing Menggunakan Metode Bullhead Pada Sumur Produksi XX Di PT. Geo Dipa Energi Unit Dieng”. 2023 (hal. 63).
- [5] Pohan, M. P. dan Hutamadi, R. , “Studi Mineral di dalam Area Panas Bumi di Dieng, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah” .Grup Riset Konservasi, Pusat Sumber Daya Geologi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Bandung, 2012.
- [6] Hidayat, A. T. ,”Evaluasi Stimulasi Sumur A Dengan Metode *Matrix Acidizing* Pada Lapangan B”,2021.
- [7] Indriana, I. N., Kasmungin, S., Kustono, B., “Evaluasi Pekerjaan *Matrix Acidizing* Pada Sumur U-48 Lapangan X”. Teknik, J., Fakultas, P., Kebumian, T., Energi, D., Trisakti, U., & Pustaka, S. , 2018, 385–390.
- [8] Kinasih, R. C., Amin, M., & Prabu, U. A,”Analisa Hasil Acidizing Treatment untuk Menanggulangi Scale CaCO₃ dalam Upaya Mengoptimalkan Kemampuan Berproduksi Sumur R-11 PT. Pertamina EP Asset 2 Limau Field”,2014. Journal of Earth Energy Engineering, 7(April), 1. <http://jit.unsri.ac.id/index.php/jit/article/view/126>
- [9] Kusriani, D.,”Analisa Peningkatan Produktivitas Sumur Menggunakan Metode *Matrix Acidizing* pada Sumur X Lapangan Y” ,2023, 7(1), 75–86.

- [10] Von Hirtz, P., “ *Silica scale control in geothermal plants: historical perspective and current technology*. In *Geothermal Power Generation: Developments and Innovation*”. 2016. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100337-4.00016-4>
- [11] S.Ciptadi, S., & Patengke. “Evaluasi Potensi Silica Scaling Pada Pipa Produksi Lapangan Panasbumi Lahendong – Sulawesi Utara”. Proceedings of the 5th INAGA Annual Scientific Conference and Exhibitions, November 2001.
- [12] Thorolfsson, G. “*Scaling problems in HS Orka’s Geothermal Power plants, an overview*”. NACE - International Corrosion Conference Series, 2019-March (November).
- [13] Setiawan, F. A., et al. “*Kinetics of silica precipitation in geothermal brine with seeds addition: minimizing silica scaling in a cold re-injection system*. *Geothermal Energy*”, 2001. 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40517-019-0138-3>