

EVALUASI KEBERHASILAN PENANGANAN *SCALE* PROBLEM DENGAN METODE *ACIDIZING* DI SUMUR “JOSE-1” PADA LAPANGAN “MA-MANDAR” UNTUK MENINGKATKAN LAJU ALIR PRODUKSI

Muhammad Aldi¹, Rohima Sera Afifah², Firdaus³, Desianto Payung Battu⁴, Dharma Arung Laby⁵,
Amanda Mustagina⁶
Sekolah Tinggi Teknologi Minyak dan Gas Bumi Balikpapan
email: aldi.redmi@gmail.com

Copyright © 2025 The Author



This is an open access article

Under the Creative Commons Attribution Share Alike 4.0 International License

DOI: 10.53866/jimi.v1i3.392

Abstract

Productivity or commonly called productivity index (PI) in a well will decrease. Marked by a decrease in reservoir pressure (Pr), well flowing pressure (Pwf) and rate (Q) in the "Jose-1" well also decreased due to deposits (Scale) formed in the production zone, thus inhibiting Pr, Pwf and Q. Therefore, the solution that can be done to overcome this problem is well stimulation. The purpose of well stimulation in the "Jose-1" well is to overcome the deposits (Scale) formed so that Q increases. The deposits (Scale) formed can be identified by formation water parameters using several methods, one of which is the Stiff and Davis method with the Scaling Index (SI) parameter obtained. The stimulation method used is the matrix acidizing method, the success parameters of the matrix acidizing method can be seen from the Inflow Performance Relationship (IPR) parameters before and after as well as the PI before and after. This Final Assignment writing is done using manual calculations via excel. Based on the results of the analysis carried out, the "Jose-1" well experienced a decrease in pressure and production flow rate caused by CaCO₃ deposits (Scale), proven by the SI value parameters using the Stiff and Davis method where SI > 0 (Tends to precipitate or precipitate CaCO₃) which is 1.13 and a skin value of 12.5. After acid injection was carried out on the well, the oil rate (Qo) from 90 bopd increased to 144,539 bopd.

Key-words: *Inflow Performance Relationship, Productivity Index, Scale Problem, Acidizing, Stiff and Davis*

Abstrak

Produktivitas atau biasa disebut *productivity index (PI)* pada suatu sumur akan mengalami penurunan. Ditandai dengan menurunnya *pressure reservoir (Pr)*, *pressure well flowing (Pwf)* dan *rate (Q)* pada sumur “Jose-1” ikut mengalami penurunan yang disebabkan oleh endapan (*Scale*) yang terbentuk di dalam zona produksi sehingga menghambat Pr, Pwf dan Q. Maka dari itu solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan stimulasi sumur. Tujuan dilakukannya stimulasi sumur pada sumur “Jose-1” ialah untuk mengatasi endapan (*Scale*) yang terbentuk sehingga Q mengalami peningkatan. Endapan (*Scale*) yang terbentuk dapat diidentifikasi dengan parameter air formasi menggunakan beberapa metode salah satunya adalah metode *Stiff and Davis* dengan parameter besaran *Scaling Index (SI)* yang didapat. Metode stimulasi yang digunakan adalah metode *matrix acidizing*, parameter keberhasilan metode matriks acidizing

dapat dilihat dari parameter *Inflow Performance Relationship (IPR)* sebelum dan sesudah juga pada sebelum dan sesudah. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dengan menggunakan perhitungan manual melalui excel. Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan sumur “Jose-1” mengalami penurunan tekanan dan laju alir produksi yang disebabkan oleh endapan (*Scale*) CaCO_3 , dibuktikan dengan parameter besaran nilai SI dengan menggunakan metode *Stiff and Davis* dimana $SI > 0$ (Cenderung mengendapkan atau terendapkannya CaCO_3) yaitu 1.13 dan nilai skin sebesar 12.5. Setelah dilakukannya penginjeksian *acid* pada sumur, rate oil (Q_o) dari 90 bopd mengalami peningkatan menjadi 144.539 bopd.

Kata Kunci : *Inflow Performance Relationship, Productivity Index, Scale Problem, Acidizing, Stiff and Davis*

1. Pendahuluan

Acidizing adalah suatu kegiatan yaitu stimulasi yang dimana, proses *acidizing* ini melarutkan batuan dari material yang menghambat aliran dalam reservoir dengan cara melakukan penginjeksian beberapa asam kedalam lubang sumur dengan beberapa volume tertentu (Itsaini, 2024). Pada beberapa metode *acidizing* atau pengasaman, *matrix acidizing* adalah metode penginjeksian pada asam yang masuk dalam suatu formasi yang produktif dibawah pada tekanan yang rekah dengan tujuan agar reaksi pada asam dapat menyebar pada batuan secara radial, perekahan dengan asam (*acid fracturing*) adalah suatu proses stimulasi dengan cara menginjeksikan suatu fluida asam dengan tekanan tertentu sehingga terjadinya rekahan pada formasi serta rekahan tersebut tidak dapat menutup kembali dan pencucian dengan menggunakan asam adalah proses stimulasi dengan tujuan untuk menghilangkan endapan pada kerak yang bisa larut dalam larutan asam yang terdapat dalam lubang sumur tersebut (124-301-1-PB, n.d.).

Scale adalah endapan yang terbentuk dari proses kristalisasi presipitasi mineral yang ditemukan dalam air formasi atau sedimen kimia yang terjadi akibat percampuran senyawa-senyawa kimia yang ada didalamnya air yang tidak cocok (sifat yang berbeda) dan tidak larut, jadi terbatas kelarutan senyawa yang terkandung dalam campuran air pembentuk terlampaui (Kusrini, 2022). Ada beberapa faktor yang mempengaruhi senyawa dalam air terkandung di dalamnya, yaitu: tekanan, suhu, tekanan partial CO_3 (Payung Batu et al., n.d.).

Sumur “Jose-1” yang berlokasi di lapangan “Ma-Mandar” yang masih termasuk dalam sub cekungan di Jambi yang terletak di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi (Kaliky, 2024). Permasalahan yang ada pada sumur “Jose-1” mengalami penurunan pada laju alir produksi yang disebabkan oleh endapan yang terbentuk di zona produktif, pada metode *acidizing* diatas untuk pemilihan yang berdasarkan berkaitan pada permasalahan sumur yang diteliti maka pemilihan pengasaman pada *matrix acidizing* adalah pilihan yang paling tepat dikarenakan pada permasalahan sumur yang di teliti ini terdeteksi bahwa adanya problem *scale* pada zona yang produktif, sehingga apabila hal ini dibiarkan akan terjadinya penurunan pesat pada laju alir Ketika waktu produks (Bambang Sugeng, MT Pertemuan Ke : 1 Pendahuluan, n.d.).

Penurunan pada produksi ini disebabkan karena adanya pengendapan skala (Kusrini, 2023). Pengendapan skala adalah suatu tantangan umum di sumur minyak dan gas, terutama pada bagian reservoir karbonat. Akumulasi skala ini membatasi aliran cairan dengan mengurangi nilai permeabilitas efektif dari formasi, yang akan menyebabkan peningkatan pada faktor kulit dan penurunan Indeks Produktivitas (PI) sumur. Berbagai teknik stimulasi yang telah digunakan untuk mengatasi masalah ini, dengan *matrix acidizing* atau biasa disebut dengan pengasaman matrix yang menjadi salah satu metode yang paling banyak digunakan. Pada pengasaman matriks ini melibatkan penyuntikan asam ke dalam formasi pada tekanan di bawah tekanan fraktur untuk melarutkan skala dan meningkatkan skala pada permeabilitas. Efektivitas teknik ini bergantung pada faktor-faktor seperti jenis dan konsentrasi asam yang digunakan, kondisi pada reservoir, dan tingkat pengendapan skala (Muhammad, 2020). Penelitian ini juga berfokus pada evaluasi keberhasilan perawatan pengasaman dalam sumur “Jose-1” dengan menganalisis parameter reservoir utama sebelum dan sesudah terjadinya stimulasi (Huda et al., 2021).

Pengasaman matriks atau biasa disebut dengan (pengasaman matriks) merupakan suatu proses dimana injeksi asam ke dalam formasi produktif di bawah retakan tegangan, dengan tujuan memungkinkan reaksi menyebar secara radial melalui batuan dan skala di zona produksi dapat teratasi. Oleh karena itu pemilihannya Pengasaman matriks dilakukan dengan tujuan untuk mengukur masalah dapat diselesaikan di

sumur "Jose-1"(Jalisar Belo et al., 2025).

Penelitian ini juga bertujuan untuk menilai dampak dari pada *acidizing* atau pengasaman pada produktivitas pada sumur dengan melakukan pemeriksaan pada perubahan dalam Indeks Penskalaan, faktor kulit, dan PI (Musnal,2013). Analisis ini juga menggunakan metode Stiff dan Davis untuk menentukan kecenderungan pada pengendapan skala dan persamaan Vogel untuk mengevaluasi kurva PR. Penelitian ini juga menghitung volume asam yang dibutuhkan dan parameter injeksi untuk pengoptimalan pada perawatan. Pentingnya penelitian ini terletak pada potensinya untuk memberikan referensi reservoir karbonat serupa yang mengalami deposisi pada skala. Dengan menunjukkan efektivitas perawatan pada asam, temuan tersebut tentu saja dapat berkontribusi dengan baik pada peningkatan kinerja sumur dan peningkatan strategi pemulihan minyak di lapangan(Ezquerro et al., 2024).

2. Metode Penelitian

2.1. *Objek, waktu dan Tempat*

Pada penelitian ini tentu saja berfokus pada sumur "Jose-1," yang terletak di "MA-Mandar" yang masih termasuk dalam sub cekungan di Jambi yang terletak di Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi. Reservoir karbonat yang dikenal karena masalah produksinya karena terkait dengan skala. Penelitian ini juga dilakukan dengan menggunakan data lapangan dan simulasi pada reservoir untuk mengevaluasi suatu dampak pada pengasaman, yaitu kinerja yang terjadi pada sumur. Pada proses pengumpulan data serta analisis data ini dilakukan selama 3 bulan. Penelitian ini juga dilakukan dengan cara bekerja sama dengan beberapa operator lapangan dan insinyur perminyakan untuk memastikan nilai keakuratan dan apakah mudah dalam proses validasi data sumur dan parameter perawatan ini. Penelitian ini juga melibatkan tes skala laboratorium dan simulasi numerik untuk memvalidasi hasil yang diperoleh dari operasi lapangan tersebut.

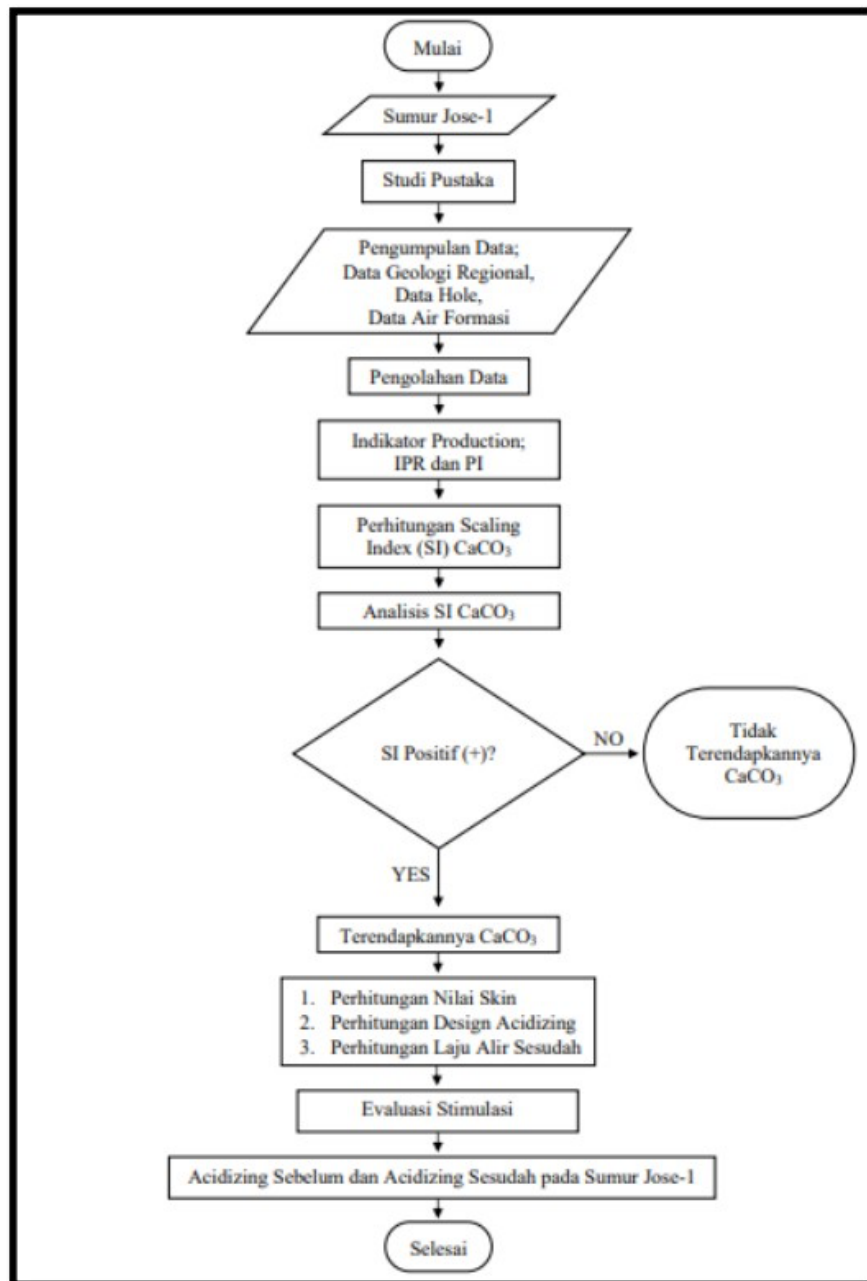
2.2. *Teknik Pengumpulan Data*

Pada Teknik pengumpulan data ini melalui observasi atau dilakukannya penelitian secara langsung di sebuah lapangan, yaitu lapangan Ma-Mandar. Pada proses pengumpulan data ini, data primer dikumpulkan dari catatan kinerja yang terjadi pada sumur, log tekanan reservoir, dan laporan analisis fluida. Data ini juga termasuk pada nilai tingkat produksi, nilai faktor kulit, dan perhitungan Indeks Penskalaan sebelum dan sesudah terjadinya pengasaman. Pada data sekunder ini dikumpulkan dari penelitian yang terjadi sebelumnya, pada laporan teknis, dan standar industri yang berkaitan dengan stimulasi reservoir karbonat. Kombinasi pada data lapangan dan literatur ini juga memberikan pemahaman yang cukup komprehensif tentang dampak perawatan asam pada produktivitas didalam sumur. Kemudian analisis laboratorium terhadap sampel air formasi, serta simulasi produksi juga menggunakan perangkat lunak khusus untuk memprediksi dampak *acidizing* terhadap produktivitas pada sumur.

2.3. *Teknik Analisis Data*

Peneliti menggunakan teknik aplikasi untuk menganalisis data yaitu metode pemodelan Inflow Performance Relationship (IPR) sebelum dan sesudah dilakukannya pengasaman dan digunakan untuk mengukur perubahan kapasitas pada sumur produksi. Model ini juga menggunakan salah satu persamaan produksi, yaitu persamaan Vogel untuk sumur minyak dan kemudian persamaan Fetkovich untuk sumur gas, sehingga metode tersebut memudahkan dalam membandingkan kinerja sumur sebelum dan sesudah pengasaman dilakukan. Statistik ini juga digunakan untuk menentukan seberapa efektif pengawetan. Pengawetan tersebut tergantung pada perubahan produksi cairan. Parameter utama dalam analisis ini adalah laju alir produksi (Q), tekanan downhole (Pwf) dan perolehan tekanan setelah pengasaman. Uji T berpasangan ini digunakan untuk mengevaluasi signifikansi peningkatan produksi yang dihasilkan. Sampel produksi sebelum dan sesudah dilakukan, kemudian diukur signifikansinya. Untuk menganalisis komposisi mineral pada kerak tersebut digunakan spektroskopi untuk mengetahui jenis pada kerak yang akan terbentuk dan efektivitas jenis asam atau asam yang digunakan dalam proses pengawetan tersebut.

2.3.1 *Flowchart Penelitian*



Gambar 2.3.2.1 Flowchart Penelitian

$$\text{Ca}^{2+} = 40 \times 0.00005 = 0.002 \text{ mg/lt}$$

$$\text{Mg}^{2+} = 60.8 \times 0.000082 = 0.005 \text{ mg/lt}$$

$$\text{Cl}^- = 90 \times 0.000014 = 0.001 \text{ mg/lt}$$

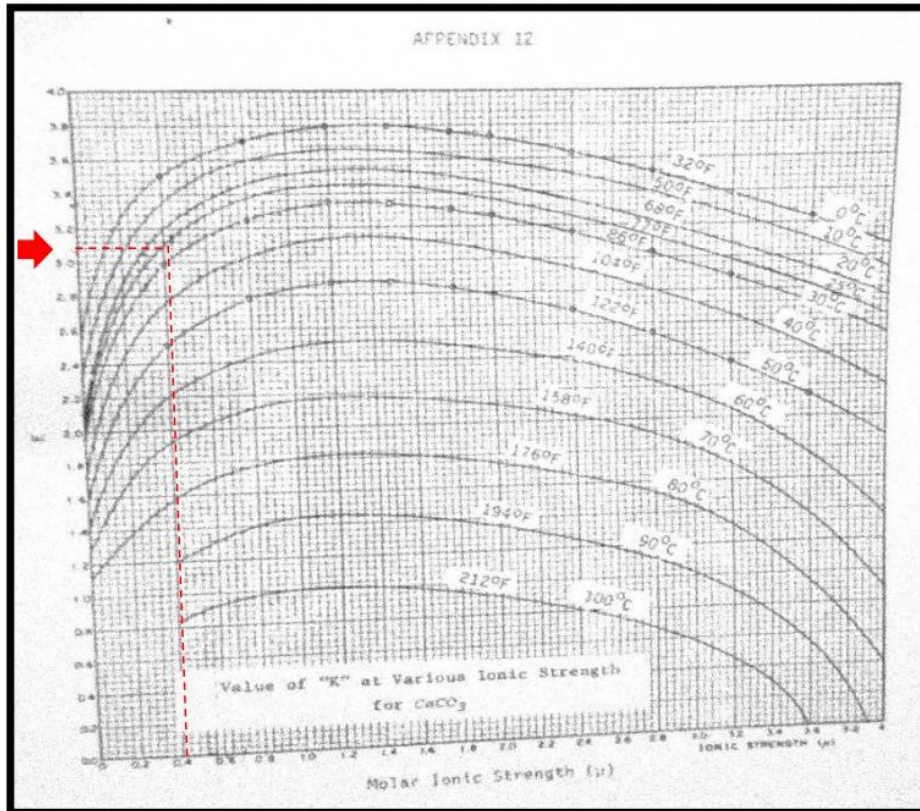
$$\text{HCO}_3^- = 3050 \times 0.0000082 = 0.025 \text{ mg/lt}$$

$$\text{SO}_4^{2-} = 2 \times 0.000021 = 0.000042 \text{ mg/lt}$$

$$\text{CO}_3^{2-} = 7337.85 \times 0.000033 = 0.242 \text{ mg/lt}$$

$$\text{Fe}^{3+} = 1.44 \times 0.000081 = 0.000117 \text{ mg/lt}$$

- Mencari total ionic strength air formasi
Total Ionic Strength air formasi = $0.128 \text{ mg/l} + 0.002 \text{ mg/l} + 0.005 \text{ mg/l} + 0.001 \text{ mg/l} + 0.025 \text{ mg/l} + 0.000042 \text{ mg/l} + 0.242 \text{ mg/l} + 0.000117 \text{ mg/l} = 0.403 \text{ mg/l}$



Gambar 2.3.4.1 Grafik Hubungan *Total Ionic Strength*

2.3.2 IPR Setelah *Acidizing*

Sebelum dilakukannya perhitungan IPR dilakukan perhitungan laju alir dengan mengasumsikan nilai skin pada sumur sudah teratasi, sebagai berikut;

$$Q = \frac{0.00708 \times K \times h \times (P_s - P_{wf})}{\mu \times B_o \times \left(\ln\left(\frac{r_e}{r_w}\right) + (-1) \right)}$$

$$Q = \frac{0.00708 \times 85 \text{ md} \times 25 \text{ ft} \times (1665 \text{ psi} - 1226 \text{ psi})}{0.8 \text{ cp} \times 1.1 \frac{\text{bbl}}{\text{stb}} \times \left(\ln\left(\frac{635 \text{ ft}}{0.2652 \text{ ft}}\right) + (-1) \right)}$$

$$Q = 963.594 \text{ bfpd}$$

Menghitung laju alir oil dan laju alir water dengan water cut 85%

$$Q_w = (W_c) \times Q$$

$$Q_w = (85/100) \times 963.594 \text{ bfpd}$$

$$Q_w = 819.055 \text{ bwpd}$$

$$Q_o = Q - Q_w$$

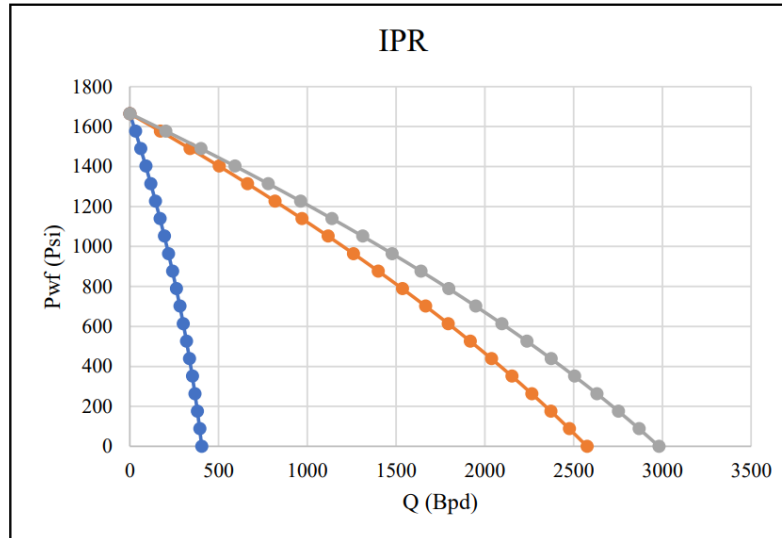
$$Q_o = 963.594 \text{ bfpd} - 819.055 \text{ bwpd}$$

$$Q_o = 144.539 \text{ bopd}$$

Tabel 2.3.5.1 IPR setelah *acidizing* dengan mengasumsikan P_{wf} dengan hasil seperti pada tabel di bawah ini.

P_{wf}	Q_o	Q_w	Q_t
1665	0	0	0
1577.4	31.00078	171.4452	202.44595
1489.8	60.92523	338.8981	399.82329
1402.2	89.77334	502.3587	592.13203
1314.6	117.5451	661.827	779.37216
1227	144.2406	817.3031	961.54368
1139.4	169.8597	968.7869	1138.6466
1051.8	194.4025	1116.278	1310.6809
964.2	217.8689	1259.778	1477.6466
876.6	240.259	1399.285	1639.5437
789	261.5728	1534.799	1796.3722
701.4	281.8103	1666.322	1948.132
613.8	300.9714	1793.852	2094.8233
526.2	319.0562	1917.39	2236.4459
438.6	336.0646	2036.935	2373
351	351.9968	2152.489	2504.4854
263.4	366.8525	2264.05	2630.9023
175.8	380.632	2371.618	2752.2505
88.2	393.3351	2475.195	2868.5301
0	405.0378	2575.448	2980.4854

Setelah didapatkan nilai dari table di atas kemudian kita bisa membuat grafik kurva IPR seperti Gambar 2.3.3.1 berikut :



Gambar 2.3.5.1 Grafik IPR setelah *acidizing* dengan mengasumsikan Pwf seperti pada grafik diatas.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Penelitian

Pada bagian ini, hasil penelitian produksi minyak di sumur Jose-1 menurun sebelum dilakukannya *acidizing* karena penyumbatan pada *scale*. Analisis pada laboratorium juga menunjukkan bahwa *scale* tersebut mengandung *kalsium karbonat* dan *barium sulfat*, yang diketahui tidak larut dalam air standar. Keasaman asam klorida dan khelasi EDTA mengasamkan *scale* tersebut sehingga berkurangnya konsentrasi pada hidrogen, sehingga mudah dilarutkan. Setelah dilakukannya *acidizing* pada sumur asam klorida dan EDTA, terjadinya peningkatan kecepatan aliran pada aliran fluida sebesar 40%, yang menunjukkan pengaruh metode *acidizing* terhadap proses pelarutan *scale* dan peningkatan aliran fluida formasi. Hasilnya juga menunjukkan bahwa sumur "Jose-1" menunjukkan Indeks Penskalaan 1,13, menunjukkan kecenderungan untuk pembentukan skala CaCO_3 . Faktor kulit awal 12,5 menunjukkan kerusakan pada formasi yang cukup besar, berkontribusi pada aliran terbatas dan mengurangi tingkat produksi. Setelah menyuntikkan 22,4 bbl asam HCl 15%, diikuti oleh perpindahan 24,28 bbl pada tekanan injeksi 1027,5 psi, produktivitas sumur telah meningkat secara signifikan. Indeks Produktivitas (PI) meningkat dari 1,37 menjadi 2,19 b/d/psi, sementara Minyak PI naik dari 0,205 menjadi 0,329 b/d/psi, menunjukkan nilai keberhasilan perlakuan asam.

Tabel 3.1 Hasil perhitungan dari penelitian

Parameter	Nilai	Satuan
Qomax Sebelum	252.2045	bopd
Qwmax Sebelum	1603.651	bwpd
Qt Sebelum	1855.86	bpd
PI Sebelum	1.37	b/d/psi
PI Oil Sebelum	0.205	b/d/psi
Total Ionic Strenght	0.403	mg/lt
K	3.1	-
pCa^{2+}	2.9998	mg/lt
$pAlk$	0.7677	mg/lt
SI	1.13	-
Skin	12.5	-
Fract. Pressure	2712.5	psi
BHST	145	deg. °F
Vol. Inject	21.4	bbl
Gradient Casing Cap.	0.0394	bbl/ft
Vol. Acid in Casing	1	bbl
Depth String Out Fluida Before Inject	3308	ft
Inject Pressure Surface	1027.5	psi
Gradient Tbg. Cap	0.0058	bbl/ft
Gradient Ann. Cap	0.0313	bbl/ft
Vol. Displacement	24.28	bbl
Q sesudah	963.594	bfpd
Qomax Sesudah	405.0378	bopd

Perhitungan Indeks Skala (SI) menghasilkan nilai 1,13, yang menunjukkan pengendapan $CaCO_3$, dengan faktor kulit 12,5. Volume asam HCl (15%) sebanyak 22,4 bbl disuntikkan, bersama dengan 24,28 bbl air tawar sebagai fluida pemindahan untuk mendorong asam ke dalam formasi, yang membutuhkan tekanan injeksi sebesar 1.027,5 psi. Analisis produksi pasca-perlakuan menunjukkan peningkatan Q_o , Q_w , dan Q_t , sebagaimana tercermin dalam grafik IPR. Minyak PI meningkat dari 0,205 menjadi 0,329 b/d/psi, dan PI meningkat dari 1,37 menjadi 2,19 b/d/psi. Berdasarkan indikator produksi ini, perlakuan pengasaman pada sumur "Jose-1" berhasil.

3.2 Pembahasan

Pada pembahasan ini, akan dijelaskannya hasil dari pada penelitian, penurunan produksi di sumur "Jose-1" diidentifikasi sebagai akibat dari pengendapan kerak, khususnya $CaCO_3$, yang membatasi aliran fluida di zona produksi. Perhitungan Indeks Kerak (SI) menggunakan metode Stiff dan Davis menghasilkan nilai 1,13, yang mengonfirmasi bahwa terjadi presipitasi $CaCO_3$. Untuk mengatasi masalah ini, stimulasi sumur diusulkan untuk menghilangkan penumpukan kerak dan meningkatkan kinerja sumur dengan meningkatkan laju aliran.

Untuk mengevaluasi kinerja sumur sebelum stimulasi, perhitungan Hubungan Kinerja Aliran Masuk (IPR) dilakukan menggunakan persamaan Wiggins, bersamaan dengan analisis Indeks Produktivitas (PI). Data yang diperlukan meliputi laju aliran fluida, water cut, laju minyak, tekanan aliran sumur (P_{wf}), tekanan reservoir (P_r), dan tekanan statis (P_s). Analisis IPR awal memperkirakan laju aliran minyak maksimum 252,2 BOPD, laju aliran air maksimum 1.603,7 BWPB, dan laju produksi total 1.855,9 BPD. PI dihitung pada 1,37 b/d/psi, dengan PI spesifik minyak (PI oil) sebesar 0,205 b/d/psi, yang

menunjukkan penurunan produktivitas akibat penskalaan.

- $Na^+ = 5811.28 \times 0.000022 = 0.128 \text{ mg/lt}$

Masalah kerak dianalisis lebih lanjut menggunakan metode Stiff dan Davis, yang memerlukan data air formasi, nilai pH, dan konversi konsentrasi ion. Beberapa parameter, termasuk kekuatan ionik individual, kekuatan ionik total, dan potensi presipitasi kerak, ditentukan. Kekuatan ionik total dihitung sebesar 0,403 mg/L, dan menggunakan suhu standar 25°C, diperoleh konstanta pembentukan kerak (K) sebesar 3,1. Perhitungan selanjutnya dari nilai pCa^{2+} dan $pAlk$ menghasilkan nilai akhir masing-masing sebesar 2,9998 mg/L dan 0,7677 mg/L.

Dengan parameter ini, Indeks Kerak (SI) dihitung menggunakan rumus $SI = pH - (K + pCa^{2+} + pAlk)$, menghasilkan nilai SI sebesar 1,13. Hal ini menegaskan bahwa $CaCO_3$ memiliki kecenderungan tinggi untuk mengendap, membentuk endapan yang menghalangi aliran fluida. Selain itu, nilai kulit sebesar 12,5 ditetapkan, yang menunjukkan kerusakan formasi yang signifikan. Analisis kondisi lubang sumur dilakukan untuk menentukan perlakuan pengasaman yang tepat, termasuk penilaian tekanan rekahan, suhu statis dasar lubang (BHST), volume injeksi yang diperlukan, kapasitas selubung, dan gradien tekanan.

Perhitungan tekanan rekahan menghasilkan nilai sebesar 2.712,5 psi, sedangkan BHST ditetapkan sebesar 145°F. Volume injeksi asam yang diperlukan dihitung sebesar 21,4 barel. Sebelum menyuntikkan asam, kapasitas gradien selubung dievaluasi, menghasilkan gradien sebesar 0,0394 bbl/ft, dan total volume asam dalam selubung ditetapkan sebesar 1 bbl. Berdasarkan jenis kerak, asam klorida (HCl) 15% dipilih sebagai cairan perawatan karena efektivitasnya dalam melarutkan endapan $CaCO_3$.

Sebelum injeksi, kedalaman cairan yang keluar sebelum pemindahan asam ditentukan sebesar 3.443 kaki. Tekanan injeksi di permukaan dihitung menggunakan rumus standar, menghasilkan nilai 1.027,5 psi. Selain itu, perhitungan volume pemindahan dilakukan untuk menentukan volume air tawar yang dibutuhkan untuk penggantian cairan. Perhitungan akhir menghasilkan volume pemindahan sebesar 24,28 barel, yang memastikan injeksi asam dan pembubaran kerak yang lengkap.

Setelah perlakuan pengasaman, evaluasi dilakukan dengan membandingkan nilai IPR dan PI sebelum dan sesudah perlakuan. Laju aliran minyak maksimum meningkat menjadi 405,0 BOPD, sedangkan laju aliran air maksimum naik menjadi 2.575,4 BWPB, sehingga total laju produksi menjadi 2.980,5 BPD. PI meningkat menjadi 2,19 b/d/psi, dan minyak PI meningkat menjadi 0,329 b/d/psi, yang mengonfirmasi keberhasilan perlakuan pengasaman.

Analisis lebih lanjut terhadap perubahan laju produksi menunjukkan peningkatan yang signifikan. Laju aliran minyak meningkat sebesar 152,8 BOPD, laju aliran air meningkat sebesar 971,8 BWPB, dan total laju aliran meningkat sebesar 1.124,6 BPD. PI meningkat sebesar 0,82 b/d/psi, sedangkan minyak PI meningkat sebesar 0,124 b/d/psi. Temuan ini menunjukkan keberhasilan perlakuan stimulasi, yang secara efektif memulihkan produktivitas sumur.

Berdasarkan hasil ini, perlakuan pengasaman yang diterapkan pada sumur "Jose-1" dipastikan efektif dalam menghilangkan endapan kerak dan meningkatkan kinerja produksi. Peningkatan signifikan laju aliran minyak dan air, serta peningkatan nilai PI dan IPR, menunjukkan bahwa perlakuan tersebut berhasil mengurangi kerusakan formasi. Hal ini menyoroti pentingnya identifikasi kerak dan teknik stimulasi sumur yang tepat dalam mempertahankan kinerja produksi yang optimal.

3.3 Kaitan dengan Tujuan Penelitian

Metode penelitian ini berkaitan langsung dengan tujuan penelitian, yaitu mengevaluasi efektivitas pengasaman dalam meningkatkan produktivitas sumur "Jose-1" di lapangan Ma-Mandar. Penggunaan data primer dan sekunder memungkinkan analisis komprehensif kinerja sumur sebelum dan sesudah pengasaman. Teknik analisis seperti Inflow Performance Relationship (IPR) dan uji statistik memastikan pengukuran akurat peningkatan laju produksi setelah pengolahan. Melalui pendekatan ini, penelitian dapat menunjukkan keberhasilan pengasaman berdasarkan parameter teknis yang terukur.

1. Sebelum perlakuan pengasaman pada sumur "Jose-1" di lapangan "MA-Mandar", laju aliran minyak maksimum (Qomax) adalah 252,2 BOPD, laju aliran air maksimum (Qwmax) adalah 1.603,7 BWPB, dan laju aliran total adalah 1.855,9 BPD. PI adalah 1,37 b/d/psi, sedangkan minyak PI adalah 0,205 b/d/psi.

2. Perhitungan Indeks Kerak (SI) menggunakan metode Stiff dan Davis menunjukkan nilai SI sebesar 1,13, yang menunjukkan presipitasi CaCO_3 ($\text{SI} > 0$). Selain itu, nilai kulit sebesar 12,5 diidentifikasi, yang mengonfirmasi kerusakan formasi yang signifikan.
3. Volume injeksi asam dihitung pada 22,4 bbl, dengan volume pemindahan 24,28 bbl, disuntikkan pada tekanan 1.027,5 psi.
4. Setelah pengasaman, laju aliran total meningkat dari 1.855,9 BPD menjadi 2.980,5 BPD (+1.124,6 BPD). Laju aliran minyak maksimum meningkat sebesar 152,8 BOPD menjadi 405,0 BOPD, sedangkan laju aliran air maksimum meningkat sebesar 971,8 BWPB menjadi 2.575,4 BWPB. PI meningkat dari 1,37 menjadi 2,19 b/d/psi (+0,82 b/d/psi), dan minyak PI meningkat dari 0,205 menjadi 0,329 b/d/psi (+0,124 b/d/psi), yang mengonfirmasi keberhasilan perawatan.

Hasil ini menunjukkan bahwa stimulasi asam secara efektif memulihkan produktivitas sumur dengan menghilangkan endapan *scale* dan meningkatkan efisiensi aliran fluida. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengoptimalan parameter pengolahan asam untuk peningkatan kinerja sumur dalam jangka panjang.

4. Kesimpulan

Penelitian ini mengevaluasi efektivitas stimulasi asam dalam mengatasi penurunan produksi akibat presipitasi kerak CaCO_3 pada sumur “Jose-1” di lapangan Ma-Mandar. Berdasarkan hasil perhitungan Indeks Kerak (SI) sebesar 1,13 dengan metode Stiff dan Davis, serta nilai skin sebesar 12,5, terbukti bahwa sumur mengalami kerusakan formasi signifikan akibat endapan kerak. Evaluasi kinerja sumur melalui pendekatan Inflow Performance Relationship (IPR) dan Indeks Produktivitas (PI) menunjukkan bahwa sebelum perlakuan, sumur menghasilkan laju aliran minyak maksimum 252,2 BOPD, air 1.603,7 BWPB, dengan total produksi 1.855,9 BPD, serta PI sebesar 1,37 b/d/psi. Setelah dilakukan stimulasi menggunakan injeksi HCl 15% sebanyak 22,4 barel dengan tekanan 1.027,5 psi dan volume pemindahan 24,28 barel, terjadi peningkatan signifikan dalam performa sumur. Laju aliran minyak meningkat menjadi 405,0 BOPD (+152,8 BOPD), air menjadi 2.575,4 BWPB (+971,8 BWPB), dan total produksi menjadi 2.980,5 BPD (+1.124,6 BPD). PI pun meningkat menjadi 2,19 b/d/psi, sedangkan PI minyak naik menjadi 0,329 b/d/psi. Hasil ini menunjukkan bahwa perlakuan pengasaman berhasil menghilangkan endapan dan meningkatkan efisiensi aliran fluida. Dengan demikian, stimulasi asam terbukti efektif dalam memulihkan produktivitas sumur yang mengalami kerusakan akibat *scale* CaCO_3 . Penelitian ini juga menunjukkan pentingnya evaluasi komprehensif terhadap kondisi sumur sebelum perlakuan dan pemilihan parameter pengasaman yang tepat untuk mencapai hasil optimal. Studi lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi optimasi parameter pengolahan asam guna mendukung keberlanjutan produksi jangka panjang di lapangan serupa.

Bibliografi

- Itsaini, H., Sunarno, S., & Padil, P. (2024). Perbandingan Performa Antara Treatment Hydrochloric Acid dan Carboxylic Acid Terhadap Kenaikan Produksi pada Sumur Minyak Berat. *Journal of Bioprocess, Chemical and Environmental Engineering Science*, 5(1), 11–18.
- Kusrini, D., & Setiawan, M. R. (2022). Evaluasi Keberhasilan Penanggulangan Problem Scale Dalam Upaya Optimasi Produksi Pada Sumur “X” Lapangan “Y”. *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 6(2), 61–67.
- Kaliky, I. I. A., Nirmala, G. S., & Pellu, D. I. (2024). Perencanaan Stimulasi Pengasaman Menggunakan Matrix Acidizing pada Sumur IA Lapangan K. *Indonesian Journal of Energy & Mineral*, 4(2), 99– 107.
- Muhammad, R. M. (2020). Perencanaan Program Teknik Stimulasi Pengasaman Menggunakan Metode Matrix Acidizing Pada Sumur FIA PT Pertamina EP Asset 3 Cirebon. *Swara Patra: Majalah Ilmiah PPSDM Migas*, 10(2), 37–50.
- Kusrini, D., & Winarto, W. (2023). Analisa Peningkatan Produktivitas Sumur Menggunakan Metode Matrix Acidizing pada Sumur X Lapangan Y. *Jurnal Migasian*, 7(1).
- Musnal, A. (2013). Mengatasi Kerusakan Formasi Dengan Metoda Pengasaman Yang Kompetibel Pada Sumur Minyak Dilapangan X. *Journal of Earth Energy Engineering*, 2(2), 1–7.

- Bambang Sugeng, *MT Pertemuan ke : 1 Pendahuluan*. (n.d.). www.aapg.org
- Ezquerro, L., Coimbra, R., Bauluz, B., Núñez-Lahuerta, C., Román-Berdiel, T., & Moreno-Azanza, M. (2024). Large dinosaur egg accumulations and their significance for understanding nesting behaviour. *Geoscience Frontiers*, 15(5). <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2024.101872>
- Huda, Amm., Sahara, A., Tinggi Teknologi Migas Jl Transad, S. K., Utara, B., & Timur, K. (2021). Oktober 2021 e-ISSN-2656-5080 Artikel diterima 5. In *PETROGAS* (Vol. 3, Issue 2).
- Jalisar Belo, J., Maulinda Ulfah, B., Jalu Waskita, K., Sera Afifah, R., Studi Teknik Perminyakan, P., Tinggi Teknologi Migas, S., & Studi Rekayasa Geologi, P. (2025). STUDI LABORATORIUM PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KOPI TERHADAP RHEOLOGY LUMPUR DAN FILTRATION LOSS. In *PETROGAS: Journal of Energy and Technology* (Vol. 7, Issue 1).
- Payung Battu, D., Adha, I., Kurniawan, T., Ryka, H., Maulana, D., Eriyanto, I., Studi, P., Geologi, T., Tinggi, S., Migas, T., & Perminyakan, T. (n.d.). POTENSI GEOWISATA DI KABUPATEN PASER, KALIMANTAN TIMUR. In *PETROGAS* (Vol. 5, Issue 1).