

**IDENTIFIKASI DAN PENANGANAN PROBLEM SCALE
PADA *ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP* (ESP) SUMUR-
SUMUR DI LAPANGAN TANJUNG**



**Dyah Rini Ratnaningsih
Boni Swadesi
Yulius Deddy Hermawan
Mia Ferian Helmy
Lukas Tri Wandoyo W
Dian Indri Astuti
Yoga Rahmad Dewa**

**Penerbit
LPPM UPN "Veteran" Yogyakarta
2022**

**Identifikasi Dan Penanganan Problem *Scale*
Pada *Electric Submersible Pump (ESP)* Sumur-
Sumur Di Lapangan Tanjung**

Dyah Rini Ratnaningsih
Boni Swadesi
Yulius Deddy Hermawan
Mia Ferian Helmy
Lukas Tri Wandoyo Wilih
Dian Indri Astuti
Yoga Rahmad Dewa

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang
Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian
atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik
secara elektronik maupun mekanis, termasuk
memfotocopy, merekam, atau dengan sistem
penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis
Desain Sampul :
Dian Indri Astuti dan Lukas Tri W

Cetakan Pertama, 2022
ISBN: 978-623-389-173-8

Diterbitkan oleh:
Penerbit LPPM UPN Veteran Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Condongcatur,
Yogyakarta, 55283
Telp. (0274) 486188,486733, Fax. (0274) 486400

Dicetak Oleh:

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada
Masyarakat

UPN Veteran Yogyakarta

Jl. SWK 104 (Lingkar Utara), Condongcatur ,
Yogyakarta, 55283

Telp. (0274) 486188,486733, Fax. (0274) 486400

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kegiatan dengan buku Identifikasi Dan Penanganan Problem Scale Pada Electric Submersible Pump (ESP) Sumur-Sumur Di Lapangan Tanjung telah selesai dilaksanakan.

Buku ini merupakan buku referensi yang berjudul “Identifikasi Dan Penanganan Problem *Scale* Pada *Electric Submersible Pump* (ESP) Sumur-Sumur Di Lapangan Tanjung”. Buku ini mencakup informasi mulai dari identifikasi *scale*, analisa air formasi hingga penanggulangan *scale* pada sumur-sumur di Lapangan Tanjung. Buku ini diharapkan dapat bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan di industri Migas Indonesia.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan buku ini. Kekurangan yang ada akan menjadi cambuk untuk melaksanakan perbaikan dalam penulisan buku kegiatan yang lebih baik di masa yang akan datang. Semoga buku ini dapat memberikan manfaat bagi sivitas akademika di masa sekarang maupun yang akan datang.

Hormat Kami,

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK	iv
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	v
BAB I PENDAHULUAN	8
BAB II <i>ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP</i> (ESP)	10
BAB III SCALE DI INDUSTRI MIGAS.....	20
BAB IV IDENTIFIKASI DAN PENAGGULANGAN SCALE INDUSTRI MIGAS	26
BAB IV PENUTUP.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	57

DAFTAR TABEL

Tabel II-1 Jenis-jenis Endapan Scale.....	21
Tabel IV-1 Klasifikasi Konsentrasi Ion	32

DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK

Gambar IV.1. Pengujian pH Air Formasi	30
Gambar IV.2. Pengujian Alkalinitas Air Formasi.....	33
Gambar IV.3. Pengujian Kadar Klorida (Cl) Air Formasi	35
Gambar IV.4. Pengujian Kadar Sulfat Air Formasi.....	38
Gambar IV.5. Pengujian Kadar Sulfat Air Formasi.....	39
Gambar IV.6. Pengujian Kadar Kalsium Air Formasi.....	41
Gambar IV.7. Pengujian Kadar Magnesium Air Formasi.....	43
Gambar IV.8. Grafik Nilai "K" pada Berbagai Ionic Strength.....	46
Gambar IV.9. Grafik Nilai pCa dan pAlk pada Berbagai Ion Ca ²⁺	47

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

σ	: tegangan permukaan minyak-air
λ	: mobilitas fluida
ρ_o	: densitas minyak
ρ_w	: densitas air
μ_o	: viskositas minyak
μ_w	: viskositas air
B _o	: faktor volume formasi minyak
B _{opd}	: <i>barrel oil per day</i>
B _w	: faktor volume formasi air
C _o	: kompresibilitas minyak
C _w	: kompresibilitas air
C _p	: centipoise (satuan)
Cu _{ft}	: cubic ft
EOR	: <i>enhanced oil recovery</i>
g	: gravitasi
h	: kedalaman
K _{ro}	: permeabilitas relatif minyak
K _{rw}	: permeabilitas relatif air
lb	: pound (satuan)

M	: mobilitas rasio
mD	: milidarcy (satuan)
P	: tekanan
P _b	: <i>bubble point</i>
P _c	: tekanan kapiler
Ppm	: <i>part per million</i> (konsentrasi)
PV	: <i>pore volume</i>
r	: jari-jari pipa kapiler
RF	: recovery factor
Rs	: kelarutan gas dalam minyak
Rsb	: kelarutan gas dalam minyak pada kondisi <i>bubble point</i>
SCF	: <i>standard cubic feet</i> (satuan)
S _g	: saturasi gas
S _o	: saturasi minyak
STB	: <i>stock tank barrel</i> (satuan)
S _w	: saturasi air
T	: Temperatur
f _s	: kualitas uap
A	: luas
C	: kapasitas panas

E	: modulus young
H	: entalpi
K	: konduktivitas panas
U	: energi dalam
α	: diffusivitas panas
β	: koefisien pemuaian panas
ρ	: densitas
σ	: konstanta stefan Boltzman
μ	: viskositas dinamis
ε	: emisivitas
λ	: panas latent yang menguap
ν	: viskositas kinematik

BAB I

PENDAHULUAN

Penurunan produksi minyak yang sering terjadi pada sumur-sumur minyak salah satunya diakibatkan oleh adanya *scale* atau endapan yang diakibatkan dari properti fluida produksi yang merupakan jenis minyak berat. Endapan *scale* dapat terjadi karena adanya perubahan temperatur, tekanan, pH, dan bercampurnya dua fluida formasi yang *incompatible* yang menyebabkan batas kelarutan senyawa yang terkandung di dalam fluida formasi melebihi batas sehingga dapat bereaksi dan membentuk padatan.

Identifikasi terjadinya *scale* dapat dilakukan dengan uji laboratorium yaitu dengan uji kandungan *scale* menggunakan *x-ray diffraction (XRD)* sehingga dapat diketahui komponen dari endapan tersebut yang dapat berasal dari senyawa organik maupun anorganik. Untuk mengatasi problem *scaling* telah lama diaplikasikan asam organik maupun anorganik

untuk melarutkan endapan tersebut. Namun, perlu dilakukan investigasi lapangan untuk mendapatkan formula yang optimum.

Kegagalan dalam rangkaian ESP yang sering terjadi umumnya terjadinya *scale* pada *pump stage*, di mana *scale* terbentuk di sekitar baling-baling *impeller* yang mana menghalangi aliran yang menyebabkan penurunan efisiensi pompa secara bertahap sampai sepenuhnya gagal. Dalam beberapa tahun terakhir, ada minat yang berkembang dalam meningkatkan analisis sinyal yang direkam dari sistem *Electric Submersible Pump* (ESP) untuk optimasi operasional.

Pada tahap pencegahan terjadinya *scale* pada sumur-sumur lain perlu dilakukan analisa yang *real-time*. Sehingga *scale* dapat dicegah sebelum terjadi ataupun sebelum mulai mengendap pada peralatan produksi yang ada. Dengan demikian dapat menanggulangi problem produksi yang ada dengan tepat dan efisien dan produksi sumur dapat dipertahankan.

BAB II

ELECTRIC SUBMERSIBLE PUMP (ESP)

Electric Submersible Pump atau pompa listrik bawah permukaan adalah sebuah rangkaian pompa sentrifugal bertingkat yang digerakkan oleh arus listrik yang dialirkan dari permukaan. *Electric submersible pump* ini harganya cukup tinggi dibandingkan dengan *artificial lift* lainnya, tetapi dapat menghasilkan pengembalian biaya yang cepat karena kemampuannya untuk menghasilkan laju produksi yang tinggi. Pompa jenis ini dapat dioperasikan pada fluida dengan *water cut* yang tinggi, dan sumur yang dalam karena *multy stage*. Tipe pompa ini lebih ideal digunakan untuk sumur dengan volume produksi yang tinggi pada tekanan dasar sumur yang relatif rendah.

Prinsip Kerja ESP adalah mengubah kerja poros menjadi energi mekanik fluida, sehingga menimbulkan tekanan rendah pada sisi hisap (*intake*) dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar

(*discharge*). Untuk melakukan hal tersebut maka pompa harus memerlukan gerak mula agar energi mekanik yang diterima diteruskan ke fluida. Dari sini baru pompa mengalirkan fluida dari satu tingkat ke tingkat berikutnya, disebabkan oleh gaya putar dari impeller, dimana setiap tingkatnya akan mengangkat fluida terdiri dari bagian yang berputar (impeller) dan bagian yang diam sebagai tempat fluidanya (diffuser). Impeller melakukan penghisapan fluida dari bawah untuk diteruskan ke diffuser, dan fluida yang ada di diffuser akan diteruskan lagi ke tingkat paling atasnya oleh impeller.

Panjang dari suatu pompa tergantung jumlah stages yang digunakan, fluida produksi akan lewat pada impeller-impeller yang di susun berurutan dan setiap stage akan mengembangkan tekanan atau *Head*. *Head* total adalah jumlah masing-masing head yang terbentuk pada setiap impeller. Setiap satu stage terdiri dari diffuser dan impeller,

dimana impeller diputar oleh motor yang putaran dari motor diteruskan oleh shaft.

Komponen Peralatan ESP Komponen peralatan pada ESP dapat dibagi atas dua bagian yaitu komponen di atas permukaan dan komponen di bawah permukaan. Komponen Diatas Permukaan *Electrical Submersible Pump* unit yang berada diatas permukaan diartikan suatu kesatuan peralatan yang penempatannya berada di atas permukaan tanah, yaitu *Well Head, Junction Box, Switchboard, Transpormator* dan *Electric Cable* sebagai media penghubungannya.

a. *Well Head (Tubbing Support)*

Well Head atau *tubing support* adalah alat yang digunakan untuk menggantungkan *tubing string* dan ESP dibagian dalam sumur pada casing dipermukaan. *Well Head* dilengkapi dengan “Seal” agar tidak bocor pada lubang untuk kabel dan *tubing*, menjaga agar fluida tidak dapat keluar dari *casing*. *Well Head*

didesain untuk dapat menahan tekanan sampai dengan 3000 psi.

b. *Junction Box* (kotak penghubung)

Junction Box berfungsi sebagai tempat pelepasan gas agar tidak merambat naik melalui kabel kedalam *switchboard*. Jika gas dibiarkan naik ke permukaan dan berkumpul di *switchboard* dapat menimbulkan kondisi yang membahayakan dimana *switchboard* dapat meledak. Jarak minimum yang diijinkan yaitu 15 feet dari kepala sumur dan 35 feet dari *switchboard*, dan dipasang kira-kira 2 s/d 3 ft diatas permukaan tanah.

c. *Switchboard* (Panel Listrik Pompa ESP)

Switchboard merupakan panel kontak yang dilindungi dalam kotak baja yang tahu cuaca, yang berfungsi mengatur dan melindungi pompa ESP pada waktu operasi. Alat ini merupakan kombinasi dari motor starter, alat

pencatat tegangan, dan alat penstabil tegangan arus listrik selama pompa beroperasi. Switchboard sebaiknya diletakkan sekitar 50 hingga 100 kaki dari sumur dan mempunyai kapasitas tegangan 440-4800 volt. Pemilihan panel kontak ini berdasarkan besarnya HP (*horse power*) motor, voltage dan arus listrik. Didalam kotak ini isinya tergantung dari keperluan, umumnya ada sekering (*fuse*), alat otomatis untuk mematikan pompa ESP (*Over Under-Load Protection*), tombol saklar (*switch*), Start-stop Otomatis dengan menggunakan tiner, peralatan anti petir dan pencatat ampere (*recorder ammeter*).

d. Transformator (*travor ammeter*)

Transformer merupakan suatu alat listrik untuk mengubah voltage dari satu harga ke harga lainnya. Fungsi dari transformator adalah mengatur tegangan dari pembangkit tenaga listrik menjadi suatu tegangan yang diperlukan

oleh motor agar dapat menggerakkan sistem pompa. Motor memiliki tegangan operasi yang berbeda, oleh sebab itu tegangan dari sumber tegangan (primary line) sebelum masuk ke motor harus disesuaikan dahulu dengan tegangan operasi motor. Transformator dipilih berdasarkan besarnya KVA yang diperlukan oleh motor.

Transformer dilengkapi dengan kaitan pengangkat untuk memuatkan, menurunkan, dan mengani. Sebuah spreader bar dan kabel akan digunakan untuk menjaga transformer dalam suatu posisi vertikal untuk menghindari kerusakan. Selalu pastikan penutup dipasang ditempatnya sebelum dipindahkan. Transformer sebaiknya diletakkan sekitar 50 hingga 100 ft dari sumur.

Komponen Dibawah Permukaan Komponen dibawah permukaan untuk sumur-sumur dengan ESP pada dasarnya terdiri dari, Electric cabel, Bleeder Valve, Check Valve, Pump, Intake Gas separator, Protector, Motor, Centralizer, Cable Bond, Y Block, dan R Nipple.

a. Electric Cable Electric

Cable berfungsi untuk menghantarkan arus listrik dari Switchboard kemotor ESP. Kabel ini dibuat dari bahan tembaga maupun alumunium. Ada dua jenis kabel yang dipakai yaitu, kabel pipih dan kabel bulat. Yang masing-masing terdiri dari tiga buah kawat konduktor yang satu sama lain dipisahkan dengan isolator berlapis-lapis dan keseluruhannya dibungkus (amour) yang terbuat dari Galvanize atau monel. Pemilihan kabel yang dipakai tergantung besarnya arus listrik yang mengalir, temperatur fluida,

jumlah dan tekanan gas didalam amnulus, ruang antar motor, pompa, casing juga adanya sifat korosi pada fluida. Pemakaian kabel ditempelkan dan diikat pada rangkaian tubing dengan menggunakan Banding Clamp, kabel standar mempunyai masa pakai 10 tahun, untuk maksimum temperatur 167°F. Kabel pipih (flat cable) dipakai pada daerah motor pompa sampai sedikit diatas pompa dengan tujuan untuk mengurangi total diameter rangkaian ESP. Pemasangan kabel pipih diikat dengan pelindung (flat clamp guard).

b. Bleeder Valve

Bleeder Valve dipasang pada tubing hanger dan mempunyai fungsi mencegah minyak keluar permukaan pada saat rangkaian tubing dicabut.

c. Check Valve

Check Valve dipasang diatas pompa, dan berfungsi mencegah fluida turun kembali ke pompa yang mengakibatkan putaran balik pada saat pompa berhenti. Juga diperlukan untuk pengetes kebocoran rangkaian tubing pada saat perawatan sumur.

d. Pump

ESP merupakan dari jenis pompa sentrifugal yang banyak digunakan pada sistem eksplorasi sumur minyak. Pompa adalah bagian yang terletak diatas intake gas separator dan berfungsi untuk memindahkan fluida sampai kepermukaan. Pompa terdiri dari tingkat-tingkat, setiap tingkat terdiri dari impeller dan diffuser. Pompa digerakkan oleh gaya centrifugal. Jumlah yang digunakan berdasarkan pada kebutuhan pengangkatan fluida dan tekanan permukaan yang dikehendaki. Laju alir pompa tiap tingkatnya

sangat bergantung pada diameter impeller pompa dan bentuk geometri pompa. Head pompa tergantung dari bentuk geometri susunan impeller dan Difusser yang juga dipengaruhi diameter pompa. Berikut adalah penampakan dari pompa ESP

BAB III

SCALE DI INDUSTRI MIGAS

Scale merupakan endapan yang terbentuk dari proses kristalisasi dan pengendapan mineral yang terkandung dalam air formasi. Pembentukan *scale* biasanya terjadi bidang-bidang yang bersentuhan secara langsung dengan air formasi selama proses produksi, seperti pada matrik dan rekahan formasi, lubang sumur, rangkaian pompa dalam sumur.

Jenis-jenis *scale* dan faktor pembentukannya

Senyawa-senyawa yang berbentuk padatan dan mempunyai kecenderungan untuk membentuk endapan *scale* antara lain adalah kalsium karbonat (CaCO_3), gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), dan barium sulfat (BaSO_4). Endapan *scale* yang lain adalah stronsium sulfat (SrSO_4), kalsium sulfat (CaSO_4), serta *scale* dengan komponen besi, seperti iron carbonate (FeCO_3), iron sulfide (FeS) dan iron oxide (Fe_2O_3), seperti yang terlihat pada **Tabel III-1**. sebagai berikut.

Tabel III-1. Jenis-jenis Endapan *Scale*

Jenis-Jenis <i>Scale</i>	Rumus Kimia	Faktor Penting
Calcium Carbonate (Calcite)	CaCO_3	Tekanan, Temperatur, total garam terlarut
Calcium Sulfat - Gypsum - Hemihydrate - Anhydrite	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2$ H_2O CaSO_4	Tekanan, Temperatur, Total garam terlarut
Barium Sulfat (Barite)	BaSO_4	Tekanan,
Stronsium Sulfat (calestite)	SrSO_4	Temperatur, Total garam terlarut
Senyawa Besi - Ferro Carbonate - Ferro Sulfida - Ferro hydrixide - Ferro oxide	FeCO_3 FeS $\text{Fe}(\text{OH})_2$ Fe_2O_3	Hasil korosi, gas- gas terlarut dan pH

Contoh Scale pada ESP *Stuck* Sumur-sumur di Lapangan Tanjung

Sumur-sumur di Lapangan Tanjung merupakan sumur minyak yang telah lama memproduksi dengan jenis pengangkatan buatan *Electric Submersible Pump (ESP)*. Pada awal Maret 2022 ESP pada sumur ini tiba-tiba terhenti, padahal termasuk pompa baru. Setelah dilakukan pengangkatan pompa ke permukaan ternyata terdapat endapan *scale* pada *intake* dan pompa ESP tersebut.

Ion-Ion Air Formasi

Fluida formasi yang terproduksi bersama minyak dan gas mengandung beberapa senyawa dalam bentuk ion-ion, yaitu kation (ion positif) dan anion (ion negatif). Ion-ion tersebut adalah :

1. *Calcium* (Ca^{2+})

Merupakan ion penyusun terbanyak dalam air formasi yang mencapai 30000 mg/l, dimana apabila bereaksi dengan ion karbonat dan sulfat akan

membentuk padatan yang tersuspensi atau biasa disebut *scale*.

2. Magnesium (Mg^{2+})

Jumlah konsentrasi ion magnesium lebih kecil bila dibandingkan dengan ion kalsium. Permasalahan yang dihasilkan ion magnesium dengan ion kalsium, yang apabila bereaksi dengan ion karbonat maupun sulfat akan membentuk *scale*.

3. Iron (Fe^{2+})

Besi biasanya mempunyai konsentrasi yang relatif rendah (kurang dari 1000 mg/l), yang berupa *ferric* (Fe^{2+}) dan *ferro* (Fe^{2+}) ataupun dalam suatu suspensi yang berupa senyawa besi yang terendapkan. Ion besi dengan konsentrasi yang tinggi biasanya menunjukkan terjadinya korosi. Selain itu adanya endapan besi juga dapat mengakibatkan penyumbatan.

4. Barium (Ba^{2+})

Konsentrasi ion barium jumlahnya sedikit, namun apabila bereaksi dengan sulfat maka akan membentuk Barium Sulfat (BaSO_4) yang tak larut, yang bisa menyebabkan permasalahan serius.

5. Natrium (Na^{2+})

Natrium juga merupakan komponen yang dominan dalam air, tetapi keberadaannya tidak menimbulkan masalah dengan pengendapan *scale* yang tidak dapat larut, kecuali pengendapan *Natrium Chlorida* (NaCl) yang bersifat mudah larut., yang biasanya terjadi pada air formasi dengan pH yang tinggi.

6. Chlorida (Cl^-)

Merupakan jenis anion yang dominan dalam air formasi maupun dalam air tawar. Ion klorida pada umumnya membentuk senyawa dengan natrium sehingga dijadikan indikator harga salinitas dari air.

7. Carbonat (CO_3^{2-}) dan Bicarbonat (HCO_3^-)

Ion-ion ini dapat membentuk endapan *scale* yang tidak larut jika bereaksi dengan kalsium dan membentuk *scale* yang larut jika bereaksi dengan magnesium. Kandungan ion bikarbonat juga berpengaruh terhadap derajat keasaman (pH) larutan. Konsentrasi ion karbonat dapat dinyatakan dengan *Phenolphetalin Alkalinity* (PA), sedangkan untuk ion bikarbonat dapat dinyatakan dengan *Methyl Orange Alkalinity* (MA).

8. Sulfat (SO_4^{2-})

Kandungan ion sulfat dapat menjadi masalah jika bereaksi dengan kalsium, barium ataupun stronsium. Reaksi dari ion-ion tersebut akan membentuk endapan *scale* yang bersifat tidak larut. Selain itu ion sulfat juga merupakan sumber makanan untuk jenis bakteri tertentu.

BAB IV

IDENTIFIKASI DAN PENANGGULANGAN SCALE INDUSTRI MIGAS

Pengujian Air Formasi

Air formasi disebut pula dengan *oil field water*. Air formasi ini ada yang ikut terproduksi bersama-sama minyak dan gas. Air formasi hampir selalu ditemukan di dalam reservoir hidrokarbon, karena air ikut terakumulasi di dalam jebakan bersama minyak bumi. Air selalu menempati sebagian dari reservoir. Air formasi diperkirakan berasal dari air laut yang ikut terendapkan bersama-sama dengan endapan di sekelilingnya, karena situasi pengendapan batuan reservoir minyak terjadi pada lingkungan pengendapan laut.

Adapun sifat-sifat air formasi:

- ❖ Sifat fisik yang meliputi:
 - Kompresibilitas.
 - Kelarutan gas dalam air.
 - Viskositas air dalam formasi

- Berat jenis.
- Konduktivitas.
- ❖ Sifat kimia yang meliputi:
 - *Anion*.
 - *Kation*.

Keberadaan air formasi akan menimbulkan gangguan produksi sumur, tetapi walau demikian keberadaan air formasi juga mempunyai kegunaan yang cukup penting yaitu :

- Untuk mengetahui penyebab korosi pada peralatan produksi suatu sumur.
- Untuk mengetahui adanya *scale formation*.
- Untuk dapat menentukan sifat lapisan dan adanya suatu kandungan yodium dan barium yang cukup besar dan dapat juga digunakan untuk mengetahui adanya reservoir minyak yang cukup besar.

Adapun kesulitan yang ditimbulkan karena adanya air formasi:

- Adanya korosi.
- Adanya *solid deposit*.
- Adanya *scale formation*.
- Adanya *emulsi*.
- Adanya kerusakan formasi.

Oleh karena adanya hal-hal diatas, maka diperlukan suatu bentuk penanganan terhadap air formasi guna mengurangi resiko kerugian seminimal mungkin. Adapun bentuk penanganan itu adalah dengan cara melakukan analisa terhadap air formasi yang terdiri atas: pH, alkalinitas, kandungan kalsium, magnesium, barium, sulfat, ferro, klorida, sodium dan perhitungan indeks stabilitas kalsium karbonat.

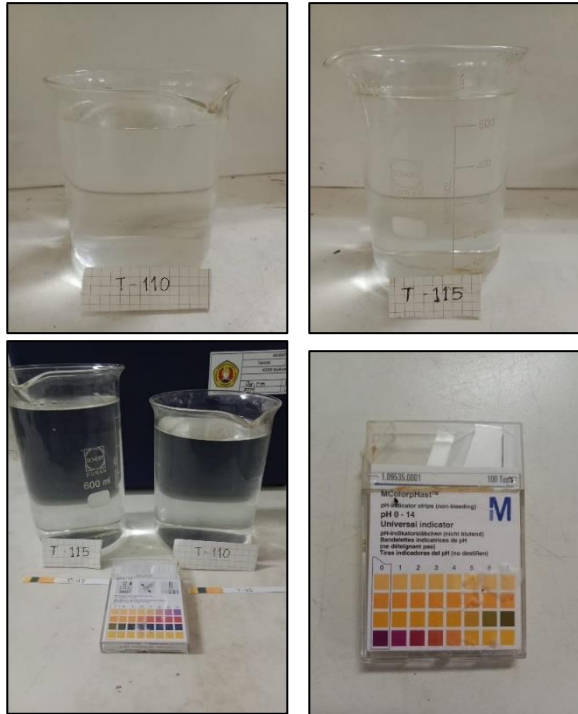
Untuk menganalisa air formasi secara tepat digunakan metode klasifikasi air formasi yang digambarkan secara grafis. Hal ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi sifat air formasi dengan cara yang paling sederhana tetapi hasilnya

dapat dipertanggung jawabkan, hanya kelemahannya tergantung pada spesifikasinya.

A. Penentuan pH

1. Tempatkan sampel air formasi pada gelas beker.
2. Celupkan strip pH indikator universal ke sampel air formasi.
3. Tentukan harga pH air formasi dengan mencocokkan warna pada standard pH paper yang telah tersedia.
4. Catat harga pH untuk setiap sampel air formasi.

Hasil pengujian air formasi ditampilkan sebagai berikut.



Gambar IV.1.

Pengujian pH Air Formasi

B. Penentuan Alkalinitas

Alkalinitas dari suatu cairan biasa dilaporkan sebagai ion CO_3^- , HCO_3^- , OH^- , yaitu dengan menitrasi air sampel dengan

larutan asam lemah dan larutan indikator. Adapun larutan indikator yang digunakan dalam penentuan kebasahan CO_3^- dan OH^- adalah Phenolptalein (PP), sedangkan Metyl Orange (MO) digunakan sebagai indikator dalam penentuan HCO_3^- .

Prosedur Percobaan :

1. Tempatkan sampel air formasi sebanyak 10 ml ke tabung *erlenmeyer*.
2. Tambahkan indikator *phenolphthalein* (PP) sebanyak 4 tetes, hingga sampel larutan berwarna merah muda.
3. Titrasi sampel dengan larutan H_2SO_4 0.02 N, hingga larutan berubah warna menjadi jernih dan catat jumlah larutan H_2SO_4 yang digunakan sebagai V_p .
4. Tambahkan indikator *Methyl Orange* (MO) sebanyak 4 tetes kedalam tabung *erlenmeyer*, hingga larutan menjadi berwarna merah tua.

5. Titrasi kembali sampel dengan H_2SO_4 0.02 N, hingga larutan mengalami perubahan warna menjadi merah muda dan mencatat jumlah larutan H_2SO_4 yang digunakan sebagai V_m .
6. Tentukan jumlah ion HCO_3^- , CO_3^- dan OH^- dengan menggunakan persamaan yang sudah tersedia.

Klasifikasi konsentrasi ion beserta hasil dan proses pegujian penentuan alkalinitas cairan disajikan dalam **Tabel IV-1**. sebagai berikut.

Tabel IV-1

Klasifikasi Konsentrasi Ion

	HCO_3^-	CO_3^-	OH^-
$P = 0$	$M \times 20$	0	0
$P = M$	0	0	$20 \times P$
$2P = M$	0	$40 \times P$	0
$2P < M$	$20 \times (M - 2P)$	$40 \times P$	0
$2P > M$	0	$40 \times (M - P)$	$20 \times (2P - M)$

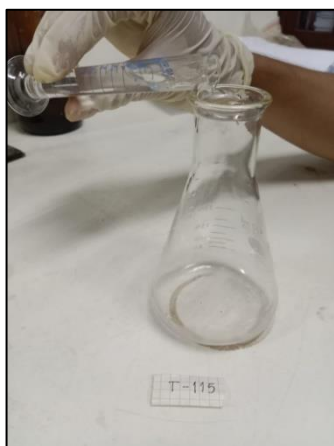


Gambar IV.2.
Pengujian Alkalinitas Air Formasi

C. Penentuan Kadar Klorida (Cl).

1. Tempatkan sampel air formasi sebanyak 5 ml ke tabung *erlenmeyer*.
2. Tambahkan 5 tetes indikator K_2CrO_4 kedalam tabung *erlenmeyer* hingga larutan berubah warna menjadi kuning bening.
3. Titrasi sampel dengan larutan $AgNO_3$ 0,02 N, hingga larutan berubah warna menjadi coklat kemerahan disertai adanya endapan putih.
4. Catat banyaknya $AgNO_3$ yang digunakan untuk titrasi.

Proses dan hasil penentuan kadar klorida (Cl) ditampilkan sebagai berikut.



Gambar IV.3.

Pengujian Kadar Klorida (Cl) Air Formasi

D. Penentuan Kadar Sulfat (SO_4^{2-}) Dengan Instant Test Kit (0-300 ppm).

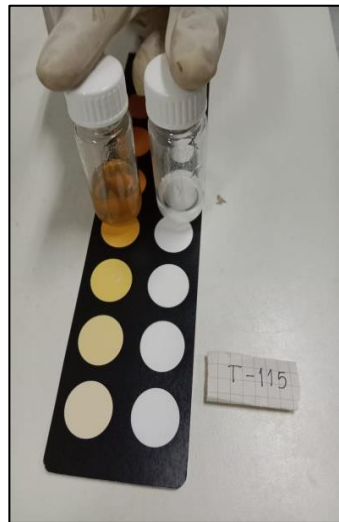
1. Tempatkan sampel air formasi sebanyak 2,5 ml ke *outer tube*.
2. Tambahkan *reagen* $SO_4 - 1A$ sebanyak 2 tetes ke *outer tube*.
3. Tambahkan *reagen* $SO_4 - 2A$ sebanyak 2 *microspoon* ke *outer tube*, kemudian diaduk menggunakan spatula hingga homogen.
4. Tambahkan *reagen* $SO_4 - 3A$ sebanyak 2,5 ml ke *outer tube*.
5. Pindahkan isi campuran yang berada di *outer tube* ke *inner tube*.
6. Tambahkan *reagen* $SO_4 - 4A$ sebanyak 4 tetes ke *inner tube* lalu dicampurkan.
7. Tambahkan sampel air formasi sebanyak 2,5 ml ke *outer tube*.
8. Panaskan *outer tube* dan *inner tube* menggunakan *oven*, pada suhu $40^\circ C$ selama 7 menit.

9. Bandingkan *inner tube* dan *outer tube* dengan skala warna yang tersedia untuk mengetahui kandungan ion Sulfat (SO_4).

Proses dan hasil penentuan **Kadar Sulfat** (SO_4^{2-}) ditampilkan sebagai berikut.



Gambar IV.4.
Pengujian Kadar Sulfat Air Formasi

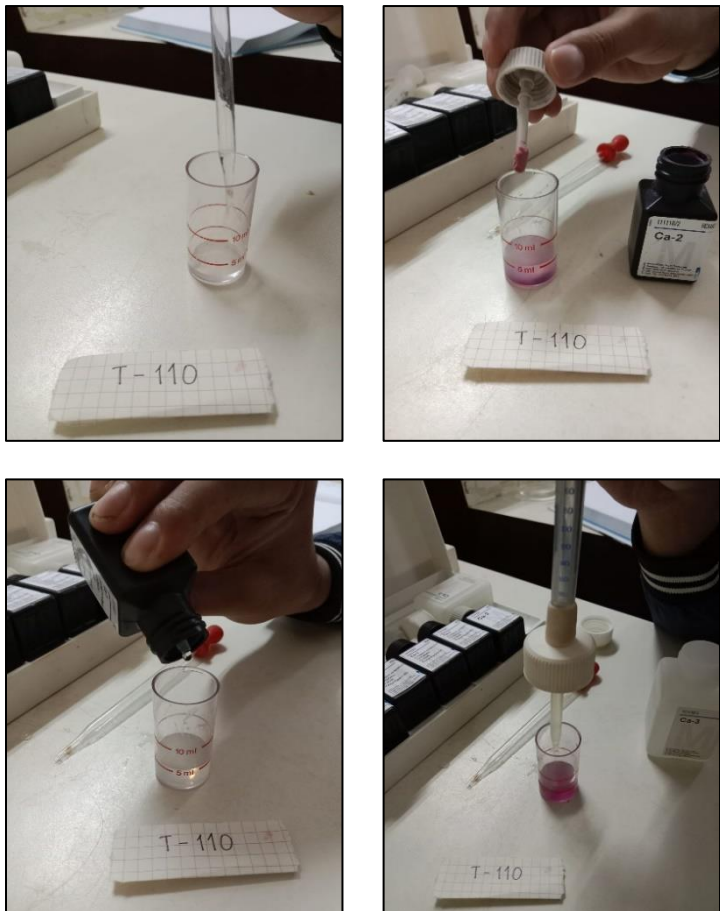


Gambar IV.5.
Pengujian Kadar Sulfat Air Formasi

E. Penentuan Kadar Kalsium (Ca^{2+}) Dengan Instant Test Kit.

1. Tempatkan sampel air formasi sebanyak 5 ml pada tabung reaksi yang tersedia.
2. Tambahkan *reagen* Ca-1 sebanyak 10 tetes ke tabung reaksi.
3. Tambahkan *reagen* Ca-2 sebanyak 2 *microspoon* ke tabung reaksi, kemudian diaduk hingga homogen mwnjadi warna ungu tua.
4. Isi mini buret dengan *reagen* Ca-3 sampai batas 0 mg/l.
5. Titrasi larutan sampel dengan *reagen* Ca-3 hingga terjadi perubahan warna dari ungu tua menjadi ungu muda.
6. Tentukan kandungan Calsium (Ca^{2+}) dalam air formasi (dalam mg/l) sesuai skala akhir titrasi pada mini buret.

Proses penentuan **Kalsium** (Ca^{2+}) ditampilkan sebagai berikut.



Gambar IV.6.

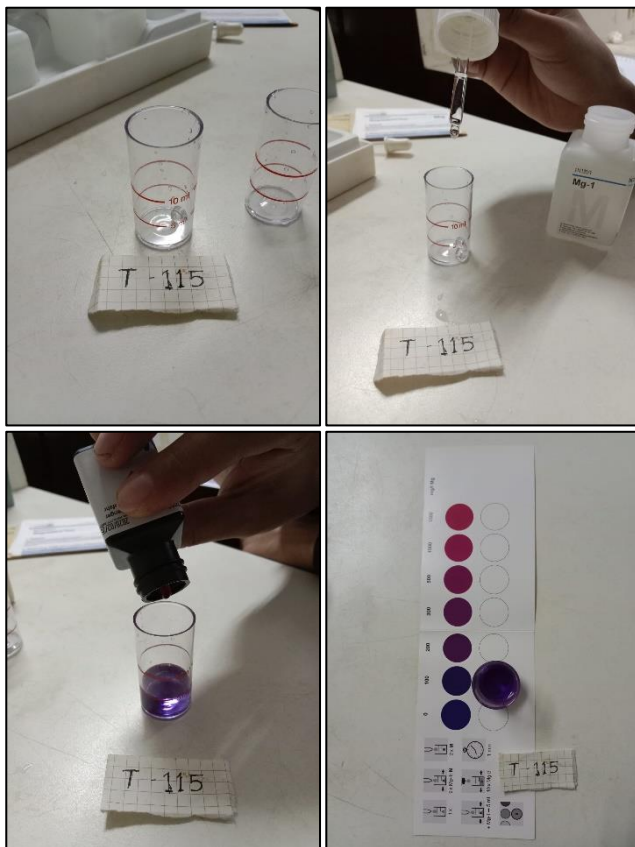
Pengujian Kadar Kalsium Air Formasi

F. Penentuan Kadar Magnesium (Mg^{2+})

Dengan Instant Test Kit.

1. Tempatkan sampel air formasi sebanyak 1 tetes ke *inner tube*.
2. Tambahkan larutan *buffer solution* Mg-1 sebanyak 10 tetes ke *inner tube* lalu mencampurkannya.
3. Ambil sebanyak 2 tetes sampel dari *inner tube*, kemudian memindahkan ke *outer tube*.
4. Tambahkan larutan *buffer solution* Mg-1 sampai batas 5 ml ke dalam *outer tube*.
5. Tambahkan *reagen* Mg-2 sebanyak 10 tetes ke *outer tube*.
6. Bandingkan hasil reaksi larutan dengan skala warna yang tersedia untuk mengetahui kandungan ion magnesium (Mg^{2+})

Proses penentuan **Magnesium** (Mg^{2+})
ditampilkan sebagai berikut.



Gambar IV.7.
Pengujian Kadar Magnesium Air Formasi

G. Penentuan Sodium

1. Mengkonversikan mg/L *anion* dengan me/L dan menjumlahkan harganya.
2. Mengkonversikan mg/L *kation* dengan me/L dan menjumlahkan harganya.
3. Lalu menghitung kadar sodium $Na = (anion - kation)$.

H. Grafik hasil analisa air

Hasil analisa air dibuat dalam bentuk grafik dengan memplotkan tiap komponen dengan konsentrasinya masing-masing dengan membedakan *anion* dan *kationnya*.

I. Perhitungan indeks stabilitas CaCO₃

Indeks stabilitas ini didapat dengan memplotkan jumlah harga tenaga ion dengan Ca dan CO₃ pada grafik yang telah disediakan, bila indeks berharga positif berarti air sampel memiliki gejala

membentuk endapan dan apabila bernilai negatif bersifat korosif.

Rumus yang digunakan untuk menghitung index stabilitas CaCO_3 , yaitu:

$$\text{SI} = \text{pH} - \text{K} - \text{pCa} - \text{pAlk}$$

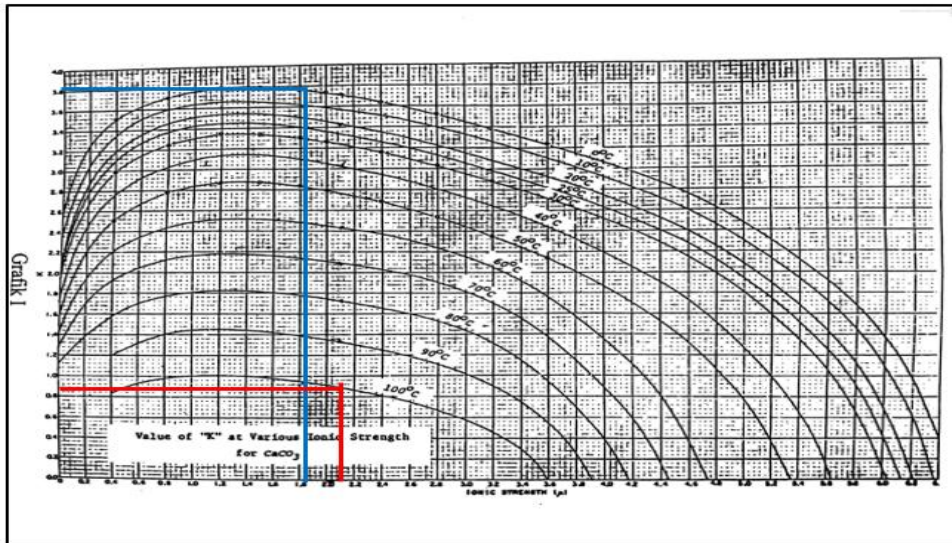
dimana,

pH : derajat keasaman air formasi
hasil pengukuran

K : Konstanta fungsi salinitas,
komposisi dan suhu air formasi

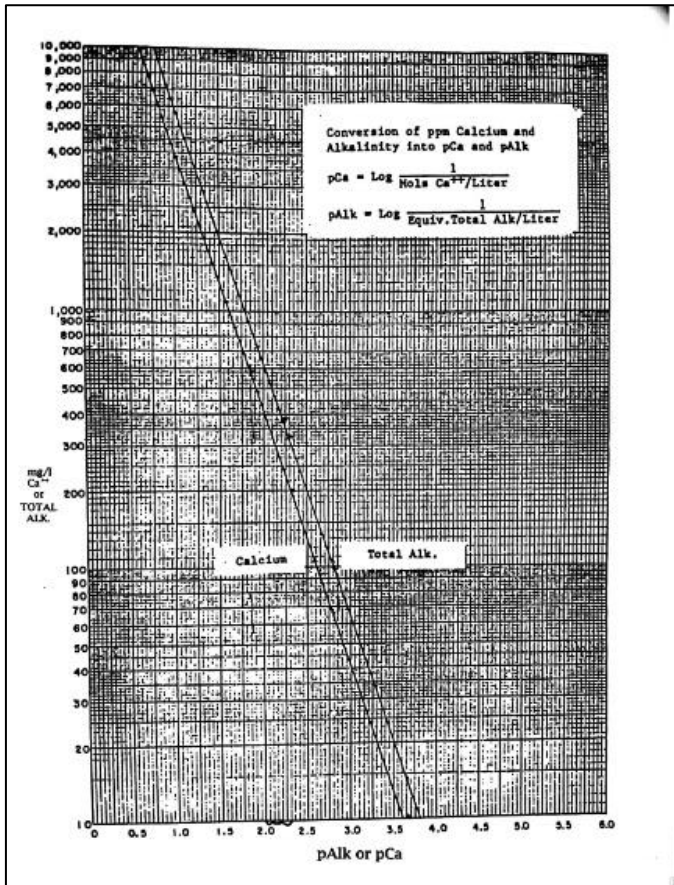
pCa : Konversi ion Ca^{2+} dalam mg/L

pAlk : Konversi ion HCO_3^- dalam
mg/L



Gambar IV.8.

Grafik Nilai "K" pada Berbagai Ionic Strength



Gambar IV.9.
Grafik Nilai pCa dan pAlk pada Berbagai
Ion Ca^{2+}

Pengujian *X-ray diffraction* (XRD) dan *X-Ray fluorescence* (XRF)

Identifikasi terjadinya scale dapat dilakukan dengan uji laboratorium yaitu dengan uji kandungan scale menggunakan *x-ray diffraction* (XRD) sehingga dapat diketahui komponen dari endapan tersebut yang dapat berasal dari senyawa organik maupun anorganik. Untuk mengatasi problem scaling telah lama diaplikasikan asam organik maupun anorganik untuk melarutkan endapan tersebut.

Kehadiran mineral kalsit dikonfirmasi pada hasil uji XRD. Kehadiran mineral kalsit dikonfirmasi pada hasil uji XRD. Analisa kegagalan ESP dapat didekati dengan model FFT dan dapat menunjukkan adanya perbedaan defleksi kurva pada saat pompa ESP dalam keadaan optimal dan dalam keadaan sebelum pompa terhenti.

X-Ray Fluorescence (XRF)

X-Ray Fluorescence Spectrometry merupakan salah satu metode analisis untuk mengetahui komposisi unsur/elemen pada suatu bahan/sampel secara cepat. Prinsip yang digunakan dalam penentuan unsur/elemen adalah mengukur panjang gelombang komponen material secara individu dari emisi fluoresensi yang dihasilkan sampel saat diradiasi dengan sinar X. Bahan/sampel yang dianalisis dapat berbentuk padatan, bubuk ataupun sampel cair.

X-Ray Diffraction (XRD)

Adalah alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan padat. Semua bahan yang mengandung kristal tertentu ketika dianalisa menggunakan XRD akan memunculkan puncak – puncak yang spesifik. Metode difraksi umumnya digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang belum diketahui yang terkandung dalam suatu padatan dengan cara membandingkan dengan data difraksi dengan database.

Difraksi sinar X atau *X-ray diffraction* (XRD) adalah suatu metode analisa yang digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam material dengan cara menentukan parameter struktur kisi serta untuk mendapatkan ukuran partikel. Profil XRD juga dapat memberikan data kualitatif dan semi kuantitatif pada padatan atau sampel.

Difraksi sinar X ini digunakan untuk beberapa hal, diantaranya:

- Pengukuran jarak rata-rata antara lapisan atau baris atom
- Penentuan kristal tunggal
- Penentuan struktur kristal dari material yang tidak diketahui
- Mengukur bentuk, ukuran, dan tegangan dalam dari kristal kecil.

BAB IV

PENUTUP

Air formasi yang mengandung CO_3 dalam bentuk apapun akan membentuk endapan (*scale*) dan korosi, bergantung dengan pH dan suhu. Kecendrungan pembentukan *scale* ini dapat diketahui dari harga index stabilitas (SI). Ion CO_3 yang terdapat di dalam air dapat membentuk sebagai asam arang (H_2CO_3), bikarbonat (HCO_3), atau karbonat (CO_3). Asam arang akan didapati di dalam air bila air terlalu jenuh dengan CO_3 , bikarbonat akan didapati jika nilai pH air berkisar 4-8, karbonat pada pH berkisar antara 8,3-11.

Nilai pH dan konsentrasi ion Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Cl^- , CO_2^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- diperlukan untuk menghitung Index Stabilitas (SI). Bila index stabilitas berharga 0, menandakan air formasi tersebut secara kimiawi seimbang. Bila index stabilitas berharga positif, menandakan air formasi tersebut mempunyai

kecendrungan membentuk endapan (*scale*). Kemudian, bila index stabilitas berharga negatif, menandakan air formasi tersebut bersifat korosif.

Berdasarkan hasil Uji Laboratorium yang sudah dilakukan pada sampel T-110 dan sampel T-115, diperoleh hasil harga Index Stabilitas (SI) dari kedua sampel T-110 dan T-115 berharga positif untuk berbagai suhu, yang menandakan air formasi dari kedua sampel tersebut memiliki kecendrungan untuk membentuk *scale* CaCO_3 .

Pembentukan *scale* CaCO_3 dapat terjadi karena beberapa hal :

- a. Migrasi yang melewati formasi yang memiliki kecenderungan ion Ca tinggi serta injeksi air dari reservoir yang memiliki kandungan ion Ca besar. Air formasi dari sumur ini dapat bercampur dengan air formasi sumur lain akibat adanya proses migrasi. Proses migrasi ini menyebabkan sumur lain terkontaminasi dengan ion yang berasal dari luar sumur.

- b. Adanya perubahan tekanan yaitu penurunan tekanan yang terdapat dari sumur menyebabkan kandungan CO_2 dapat menurun. Apabila kandungan CO_2 dalam sumur turun, maka akan menyebabkan bertambahnya kelarutan CaCO_3 sehingga memungkinkan terbentuknya *scale* CaCO_3 yang meningkat. Peningkatan kandungan Ca ini juga dapat dipengaruhi oleh proses migrasi air formasi yang mengandung ion Ca.
- c. Endapan CaCO_3 cenderung akan terbentuk bila gas CO_2 terlepas dari air (pH semakin besar). *Scale* yang terbentuk akan menempel pada permukaan batuan formasi atau pada peralatan produksi sehingga akan mengganggu proses produksi mulai dari permukaan dinding sumur sampai peralatan produksi.

Penanganan yang dapat dilakukan dari adanya endapan yang berupa *scale* ini dengan pembersihan endapan menggunakan senyawa asam. Metode yang kerap digunakan dalam dunia Perminyakan yaitu *Acid Wash*. Dimana fluida yang mengandung asam

dialirkan ke dalam peralatan untuk meluruhkan endapan *scale* yang menghambat minyak untuk mengalir.

Penurunan produksi minyak yang terjadi pada sumur-sumur minyak diakibatkan oleh adanya *scale* atau endapan yang diakibatkan dari properti fluida produksi yang merupakan jenis minyak berat. Endapan *scale* dapat terjadi karena adanya perubahan temperatur, tekanan, pH, dan bercampurnya dua fluida formasi yang *incompatible* melebihi batas sehingga dapat bereaksi dan membentuk padatan. Pengujian yang mudah dan murah untuk dilakukan yaitu pengujian air formasi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab korosi pada peralatan produksi suatu sumur, mengetahui adanya *scale formation* dan dapat menentukan sifat lapisan dan adanya suatu kandungan yodium dan barium yang cukup besar dan dapat juga digunakan untuk mengetahui adanya reservoir minyak yang cukup besar. Hasil harga Index Stabilitas (SI) dari kedua sampel T-110 dan T-115 berharga positif untuk berbagai suhu, yang

menandakan air formasi dari kedua sampel tersebut memiliki kecenderungan untuk membentuk *scale* CaCO_3 .

Pembentukan *scale* ini dapat disebabkan dari proses migrasi minyak bumi itu sendiri dan injeksi air dari formasi yang mengandung nilai ion Ca tinggi. Kemudian dapat juga karena adanya perubahan tekanan yaitu penurunan tekanan yang terdapat dari sumur menyebabkan kandungan CO_2 dapat menurun. Serta adanya endapan CaCO_3 akibat terbentuk gas CO_2 terlepas dari air (pH semakin besar). Kegagalan dalam rangkaian ESP yang sering terjadi umumnya terjadinya *scale* pada *pump stage*, di mana *scale* terbentuk di sekitar baling-baling impeller yang mana menghalangi aliran yang menyebabkan penurunan efisiensi pompa secara bertahap sampai sepenuhnya gagal.

Pada tahap pencegahan terjadinya *scale* pada sumur-sumur lain dapat dilakukan dengan pembersihan rutin menggunakan metode *Acid Washing* untuk meluruhkan *scale* yang terbetuk, seiring dengan

kemajuan teknologi perlu dilakukan analisa yang *real-time*. Sehingga *scale* dapat dicegah sebelum terjadi ataupun sebelum mulai mengendap pada peralatan produksi yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- (1) Allen T.O., Robert, A.P., “*Production Operation : Well Completion, Work Over and Sand Stimulation*”, 4th Edition, Volume 1 dan 2, Oil and Gas Consultant International, Tulsa, Oklahoma, 1993.
- (2) M. Al-Samhan et al, “*Evaluating Scale Deposition and Scale Tendency of Effluent Water Mix with Seawater for Compatible Injection Water*”. JPEPT, 2020.
- (3) Merdhah, ABB. et al, “*Study of Scale Formation in Oil Reservoir During Water Injection- A Review*”. *Marine Science and Technology Seminar*, UTM, 2007.
- (4) O. Ephraim and U. Awajiogak, “*Determining the Rates for Scale Formation in Oil Wells*”. *International Journal of Engineering Research and Application (IJERA)*, 2016.
- (5) H. B. Bakar et all. ”*Offshore Field Application of a Low Corrosive Fluid Designed for De-Scaling of Well with ESP Completion*”. SPE, 2013.
- (6) Long Peng et al. “*Predictive Approach to Perform Fault Detection in Electrical Submersible Pump Systems*”. *ACS Omega Journal*. 2021.
- (7) Jiali Yang et al, “*Fault Diagnostic of Electreic Submersible Pump Tubing String Leakage*”. *E3S Web Of Conferences*, 2021.

- (8) Abdelhady A et al, “*Electric Submersible Pump Design in Vertical Oil Wells*”, Petroleum and Petrochemical Journal. 2020.
- (9) Sherif Fakher et al, “*Rigorous of Electric Submersible Pump Failure Mechanisms and Their Mitigation Measures*”. JPEPT. 2021.
- (10) S.J. Sawaryn et al, “*The Analysis and Prediction of Electric Submersible Pump Failures in the Mine Point*”

DAFTAR PUSTAKA (Lanjutan)

- (11) *Field, Alaska*". SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Texas. 1999.
- (12) A. Suat Bagci et al, "*Challenges of Using Electric Submersible Pump(ESP) in High Free Gas Application*". CPS/SPE International Oil & Gas Conference and Exhibition, China. 2010.
- (13) Haapanen, B. E. and Gagner, M. G. "*Remote Monitoring and Optimization of Electrical Submersible Pumps Utilizing Control Algorithms*". Canadian Unconventional Resources and International Petroleum Conference, Calgary, Alberta, Canada, 19–21 October. SPE-134109-MS. <https://doi.org/10.2118/134109-MS>
- (14) M. N. Noui-Mehidi and A. Y. Bukhamseen. 2019. "*Advanced Signal Analysis of an Electrical-Submersible-Pump Failure Owing to Scaling*". SPE. 2010.
- (15) Dine Tiara K, "*Fast Fourier Transform (FFT) dalam Transformasi Sinyal Frekuensi Suara Sebagai Upaya Perolehan Average Energy (AE) Musik*", PETIR. 2021.
- (16) Burchik C.J., "*Physical Properties of Petroleum Reservoir Fluid*", John Wiley and Sons Inc., New York, 1960.
- (17) Clark, NJ : "*Elements of Petroleum Engineering*", American Institute of Mining,

Metallurgical and Petroleum Engineering, Inc.,
Dallas-Texas, 1969.

(18) Lynch J E.; “*Formation Evaluation*”, Harper
Rpw Publisher, First Edition, New York-
Evanston-London, 1962.

(19) [https://repository.uir.ac.id/2155/5/BAB%20III.
pdf](https://repository.uir.ac.id/2155/5/BAB%20III.pdf)

(20)

(21) Amyx, J.W., Bass, D.M., Robert, L.W.”*Petroleum
Reservoir Engineering : Physical Properties*”.
McGraw Hall Book Co, New York, 1973.

(22) Buku “Geologi Dasar 2”. Kementrian
Pendidikan dan Kebudayaan Republik
Indonesia. Indonesia.2015.

(23) Kiagus Ahmad Roni dan Netty Herawati.
“Teknologi Minyak Bumi”, Rafah Press UIN
Raden Fatah Palembang.2020

BIOGRAFI PENULIS



Dyah Rini Ratningsih

Lahir pada tanggal 29 Januari 1960 di Yogyakarta. Lulus Sarjana pada 1989 di Jurusan Teknik Perminyakan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta dan Magister Teknik pada tahun 1996 di Jurusan Teknik Perminyakan Institut Teknologi Bandung. Kemudian melanjutkan S3 Teknik Perminyakan Institut Teknologi Bandung dan meraih gelar doktor pada 2001. Dosen tetap di Jurusan Teknik Perminyakan sebagai pengajar di Program Studi S2 Teknik Perminyakan, UPN “Veteran” Yogyakarta.



Boni Swadesi

Lahir pada tanggal 7 Desember 1971 di Ampenan, Lombok Barat. Lulus Sarjana pada 1997 di Jurusan Teknik Perminyakan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta dan Magister Teknik pada tahun 2005 di Jurusan Teknik Perminyakan Institut Teknologi Bandung. Kemudian melanjutkan S3 Teknik Perminyakan Institut Teknologi Bandung dan meraih gelar doktor pada 2018. Sejak tahun 1998 menjadi pengajar di Jurusan Teknik Perminyakan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.



Yulius Deddy Hermawan

Lahir pada tanggal 22 Oktober 1972 di Semarang. Lulus Sarjana dengan jurusan Teknik Kimia, UPN “Veteran” Yogyakarta pada tahun 1996, kemudian melanjutkan pendidikan Magister di Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung dan dapat lulus tepat waktu yaitu pada tahun 2001. Tidak hanya itu, memperoleh gelar Doktorat dari Jurusan Teknik Kimia Chulalongkorn University Thailand di tahun 2005. Aktif mengajar di S1 Teknik Kimia UPN “Veteran” Yogyakarta, serta menjadi dosen mata kuliah Termodinamika di Jurusan Teknik Perminyakan.



Mia Ferian Helmy

Lahir pada tanggal 20 Oktober 1983 di Solok, Sumatra Barat. Beliau adalah Dosen di Prodi S1 Teknik Perminyakan UPN “Veteran” Yogyakarta. Beliau menyelesaikan S-1 di Teknik Perminyakan UPN “Veteran” Yogyakarta pada Tahun 2007 dan S-2 di Teknik Perminyakan ITB pada Tahun 2012. Sampai saat ini masih aktif melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi.



Lukas Tri Wandoyo Wilih

Merupakan lulusan S1 Teknik Perminyakan yang masuk pada tahun 2002. Saat ini sedang menempuh pendidikan Magister Teknik Perminyakan di UPN “Veteran” Yogyakarta Angkatan 8 Tahun 2021/2022.



Dian Indri Astuti

Lahir di Yogyakarta pada tanggal 17 Maret 2000. Saat ini sedang menempuh pendidikan Diploma Teknik Kimia di UPN “Veteran” Yogyakarta. Aktif dalam menulis essay maupun karya tulis baik menjadi penulis maupun menjadi editor. Memperoleh dua kali berturut-turut Juara I lomba menulis essay dalam acara Dies Natalis Himpunan Mahasiswa Diploma Teknik Kimia, UPN “Veteran” Yogyakarta.



Yoga Rahmad Dewa

Lahir di Yogyakarta pada tanggal 04 Juli 2000 di Jakarta. Saat ini sedang menempuh pendidikan S1 Teknik Perminyakan di UPN “Veteran” Yogyakarta. Selain itu, pernah memiliki pengalaman melakukan intership di PT Medco EP Indonesia bagian Production Engineering Intern tahun 2021, tak hanya itu saja namun juga memperoleh kejuaran dalam *Oil Rig Design Competition in Boreyes International Energy Fair 2020* sebagai juara kedua.

ISBN 978-623-389-173-8



9 786233 891738