

**ANALISIS AIR FORMASI DALAM MENENTUKAN  
KECENDERUNGAN TERBENTUKNYA *SCALE* DENGAN  
METODE *STIFF-DAVIS* PADA *SURFACE FACILITY***

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik*

Oleh

**SEPTIAN ELSYA PUTRA**

**183210948**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN**

**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun oleh :

Nama : Septian Elsyia Putra  
NPM : 183210948  
Program Studi : Teknik Perminyakan  
Judul Skripsi : Analisis Air Formasi Dalam Menentukan  
Kecenderungan Terbentuknya *Scale* Dengan  
Metode *Stiff-Davis* Pada *Surface Facility*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan dan diterima sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Perminyakan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Hj. Fitrianti, ST, MT (.....)  
Penguji I : Novrianti, ST, MT (.....)  
Penguji II : Richa Melysa, ST, MT (.....)  
Ditetapkan di : Pekanbaru  
Tanggal : 14 September 2020

Disahkan oleh:

KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK  
PERMINYAKAN

DOSEN PEMBIMBING TUGAS  
AKHIR

(Novia Rita, ST, MT)

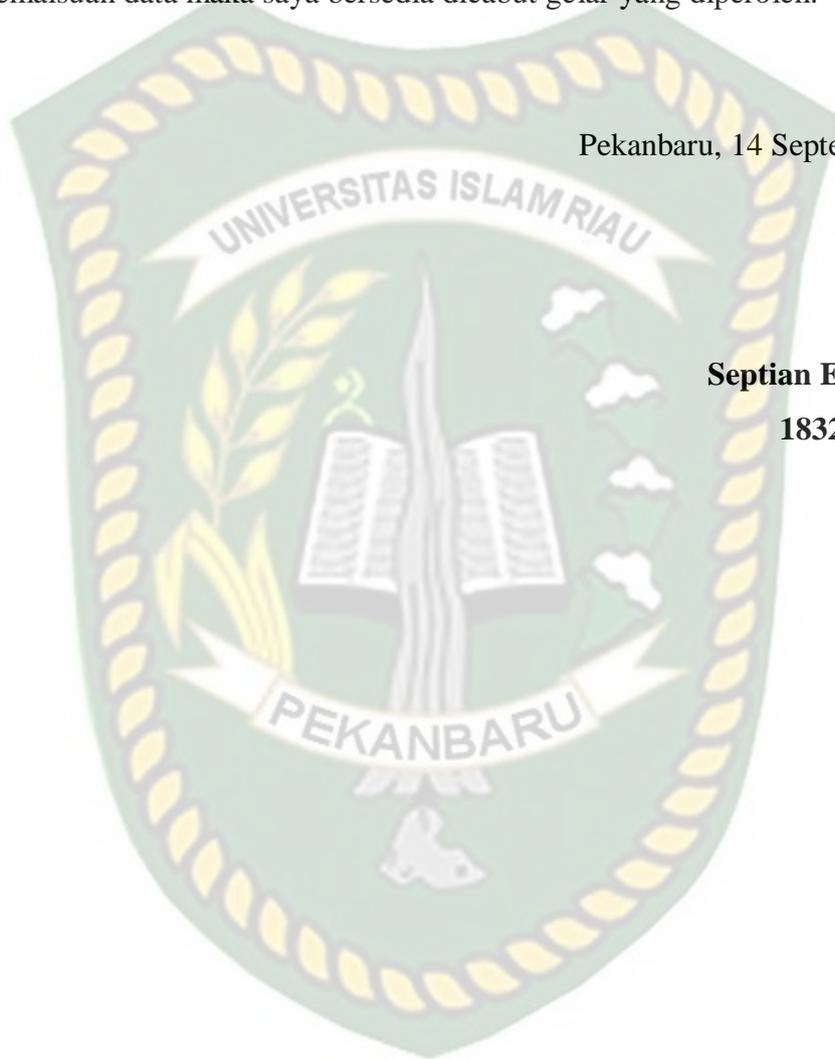
(Hj. Fitrianti, ST, MT)

## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum didalamnya baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar sesuai ketentuan. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang diperoleh.

Pekanbaru, 14 September 2020

**Septian Elsy Putra**  
**183210948**



## KATA PENGANTAR

Rasa syukur disampaikan kepada Allah Subhanna wa Ta'ala karena atas Rahmat dan limpahan ilmu dari-Nya saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau. Saya menyadari bahwa banyak pihak yang telah membantu dan mendorong saya untuk menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama perkuliahan. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan kakak-kakak saya atas segala kasih sayang, dukungan moral yang selalu diberikan sampai penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Ibu HJ. Fitrianti, S.T., M.T selaku dosen pembimbing, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Novia Rita, S.T., M.T selaku Ketua Prodi Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau sekaligus dosen penasehat akademik Saya.
4. Bapak dan Ibu Dosen, Staf pengajar di Teknik Perminyakan Fakultas Teknik, terimakasih atas ilmu yang telah diberikan.
5. Bapak Annur Suhadi, selaku pembimbing lapangan, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Pihak BOB PT. Bumi Siak Pusako – PT. Pertamina Hulu, yang telah memberikan Saya kesempatan untuk pengambilan data dan bimbingan tugas akhir Saya.
7. Syafrina Putri atas dukungannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Serta kawan-kawan seperjuangan yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Pekanbaru, 14 September 2020

(Septian Elsy Putra)

## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL .....	viii
DAFTAR SINGKATAN.....	ix
DAFTAR SIMBOL.....	x
ABSTRAK.....	xi
ABSTRACT .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN .....	3
1.3 MANFAAT PENELITIAN.....	3
1.4 BATASAN MASALAH .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 STATE OF THE ART .....	4
2.1.1 Pengertian <i>Scale</i> .....	5
2.1.2 Jenis-jenis <i>scale</i> .....	6
2.1.3 Penyebab Terbentuknya <i>Scale</i> CaCO <sub>3</sub> .....	7
2.1.3 <i>Scale</i> Pada Peralatan Permukaan.....	8
2.1.4 Analisis Air Dalam Penentuan Kecenderungan Pembentukan <i>Scale</i> .....	8
2.1.5 Komposisi Kimia Air Formasi .....	9
2.1.6 Metode Perhitungan Kecenderungan Terbentuknya <i>Scale</i> .....	10
2.1.7 Simulasi <i>Scale Prediction Calculation</i> .....	11
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>12</b>
3.1 <i>FLOW CHART</i> .....	12

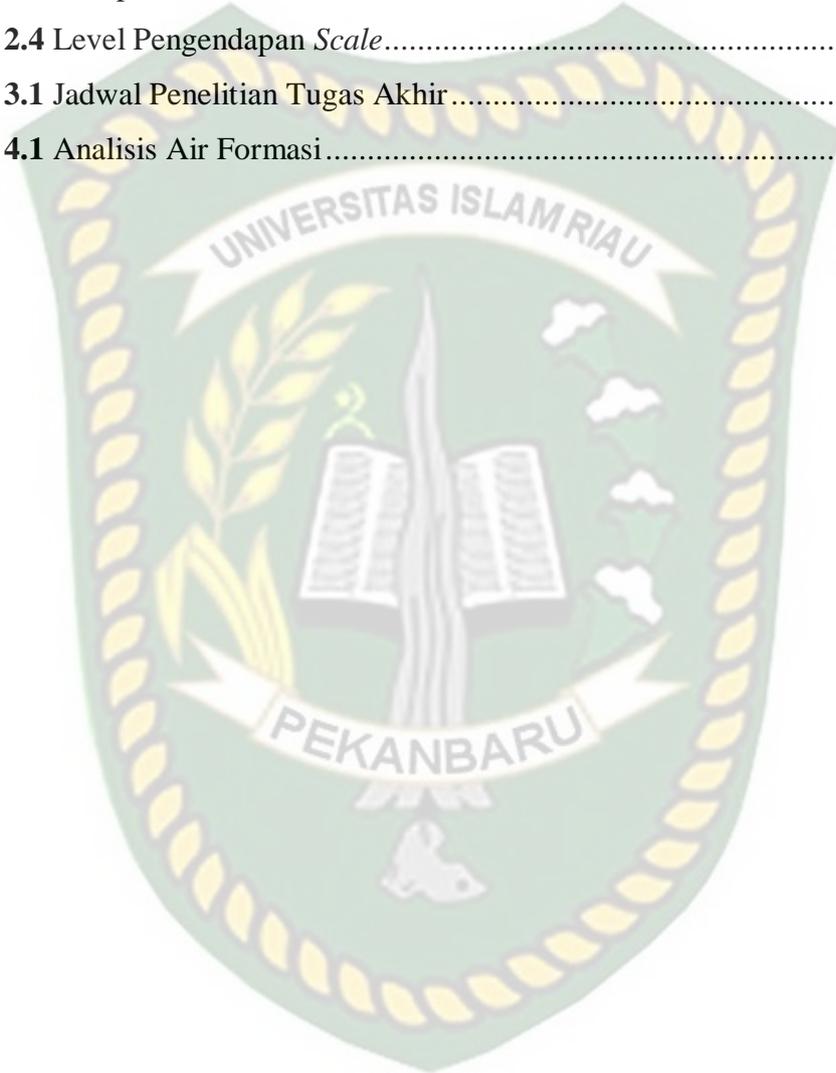
3.2	JENIS PENELITIAN.....	13
3.3	ALAT, BAHAN, DAN PROSEDUR .....	13
3.3.1	Alat .....	13
3.3.2	Bahan .....	13
3.3.2	Prosedur .....	13
3.4	JADWAL PENELITIAN .....	16
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>17</b>
4.1	WATER ANALYSIS .....	17
4.2	SIMULASI SOFTWARE <i>SCALE PREDICTION CALCULATION</i> ..	20
4.3	ANALISIS PENGARUH PH, TEMPERATUR, DAN KONSENTRASI ION-ION hasil dari SIMULASI SOFTWARE <i>SCALE PREDICTION CALCULATION</i> .....	21
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>24</b>
5.1	KESIMPULAN .....	24
5.2	SARAN .....	24
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>24</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Skema Umum Pembentukan <i>Scale</i> (Salimin & Gunandjar, 2007) ....	6
<b>Gambar 4.1</b> Multi-Parameter (BOB PT. BSP-Pertamina Hulu File, 2020) .....	17
<b>Gambar 4.2</b> Spectrophotometer (BOB PT. BSP-Pertamina Hulu File, 2020).....	18
<b>Gambar 4.3</b> <i>Scale prediction calculation</i> pada <i>wash tank</i> .....	20
<b>Gambar 4.4</b> <i>Scale prediction calculation</i> pada <i>outlet to WIP</i> .....	21
<b>Gambar 4.5</b> Pengaruh Temperatur Terhadap Kelarutan $\text{CaCO}_3$ .....	22
<b>Gambar 4.6</b> Diagram Hubungan Massa <i>Scale</i> Terhadap Temperatur.....	22

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> <i>State of the art</i> .....	4
<b>Tabel 2.2</b> Endapan <i>Scale</i> yang umum terdapat dilapangan Minyak .....	7
<b>Tabel 2.3</b> Komposisi Air Formasi.....	16
<b>Tabel 2.4</b> Level Pengendapan <i>Scale</i> .....	11
<b>Tabel 3.1</b> Jadwal Penelitian Tugas Akhir.....	16
<b>Tabel 4.1</b> Analisis Air Formasi.....	19



## DAFTAR SINGKATAN

BSP	Bumi Siak Pusako
BOB	Badan Operasi Bersama
EBT	<i>Eriochrome Black T</i>
EDTA	<i>Ethylene Diamene Tetra Acetic Acid</i>
mg/L	<i>Miligram Per Day</i>
PH	Pertamina Hulu
PP	<i>Phenolphtalein</i>
S&DSI	<i>Stiff &amp; Davis Stability Index</i>
SI	<i>Saturation Index</i>
WCP	<i>Water Cleaning Plant</i>
WIP	<i>Water Injection Plant</i>



## DAFTAR SIMBOL

Ba <sup>2+</sup>	Barium,mg/L
BaSO <sub>4</sub>	Barium Sulfat
CO <sub>3</sub>	Karbonate
CO <sub>2</sub>	Karbon Dioksida
Ca <sup>2+</sup>	Kalsium,mg/L
CaSO <sub>4</sub>	Kalsium Sulfat
CaCO <sub>3</sub>	Kalcium Karbonat/ <i>Calcite</i>
FeS	<i>Iron Sulfide</i>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<i>Iron Oxide</i>
FeCO <sub>3</sub>	<i>Iron Carbonate</i>
H <sub>2</sub> O	Air
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Hidrogen Karbonat, mg/L
Mg <sup>2+</sup>	Magnesium, mg/L
NaCl	Natrium Clorida (garam)
P	Tekanan, Psia
pH	Derajat Keasaman
SrSO <sub>4</sub>	Stronsium Sulfat
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfat, mg/L
T	Temperatur, F

**ANALISIS AIR FORMASI DALAM MENENTUKAN KECENDERUNGAN  
TERBENTUKNYA *SCALE* DENGAN METODE *STIFF-DAVIS* PADA  
*SURFACE FACILITY***

Septian Elsy Putra

183210948

**ABSTRAK**

*Scale* adalah hasil pengendapan mineral yang berasal dari air formasi yang terproduksi bersama minyak dan gas. Terbentuknya *scale* pada peralatan atas permukaan akan mengakibatkan terhambatnya proses produksi minyak bumi dimana akan mengakibatkan kerugian akan hal tersebut. Biasanya *scale* secara kimiawi diklasifikasikan sebagai tipe karbonat atau sulfat. Analisis air dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kecenderungan terbentuknya *scale* pada *surface facility* menggunakan metode *Stiff and Davis*. Untuk melakukan analisis ini, bahan utama yang di perlukan ialah sampel air formasi dari *surface facility* untuk mengetahui nilai konsentrasi ion, serta mencari nilai temperatur dan nilai pH, setelah data telah terkumpul, data tersebut akan diinput ke *software prediction calculation* untuk mengetahui nilai SI (*saturation index*). Perbedaan yang dilakukan pada penelitian kali ini ialah melakukan analisa sampel air pada *wash tank* dan *outlet to water injection plant*, dimana pada penelitian sebelumnya pengambilan sampel air formasi biasa dilakukan pada *wellhead* tiap sumur. Pentingnya untuk melakukan analisis pada *wash tank* dan *outlet to water injection plant* ialah sebagai langkah awal untuk melakukan perkiraan dan pencegahan akan kemungkinan terbentuknya *scale* pada peralatan atas permukaan sehingga akan mengakibatkan kegagalan produksi dan kegagalan proses injeksi air yang akan dilakukan. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah bahwa terdapat pengaruh pH, temperatur dan konsentrasi ion dimana semakin besar nilai pH dan temperatur maka akan semakin besar pula nilai *scale index* yang akan terbentuk. Berdasarkan penelitian yang dilakukan menggunakan simulator *scale prediction calculation*, *wash tank* yang memiliki kadar pH dan temperatur yang lebih kecil (6,99, 71 °C) memiliki nilai *saturation index* lebih kecil yaitu 0,4577 dibandingkan dengan nilai *saturation index* pada *water injection plant* yang memiliki kadar pH dan temperatur yang lebih besar (7,28, 72 °C) yaitu 1,026. Sedangkan hasil yang didapatkan dari analisis air di laboratorium menunjukkan adanya kandungan kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) merupakan indikator ion pembentuk *scale*.

**Kata Kunci :** *Scale*, Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), Laboratorium, *Surface facility*, *Water Analysis*.

# ANALYSIS OF WATER FORMATION IN DETERMINING THE TREND OF SCALE WITH STIFF-DAVIS METHOD IN SURFACE FACILITY

Septian Elsy Putra

183210948

## ABSTRACT

Scale is the result of mineral deposition from formation water which is produced together with oil and gas. The formation of a scale on the equipment on the surface will result in obstruction of the petroleum production process which will result in losses. Usually the scale is chemically classified as a carbonate or sulfate type. Water analysis was carried out in order to determine the tendency of scale formation on the surface facility using the Stiff and Davis method. To carry out this analysis, the main material needed is a sample of formation water from the surface facility to find out the value of ion concentration, and to find the temperature and pH value, after the data has been collected, the data will be inputted into the prediction calculation software to find out the SI (saturation index). The difference made in this study is to analyze water samples at the wash tank and outlet to water injection plant, where in previous studies, formation water sampling was usually done at the wellhead of each well. The importance of analyzing the wash tank and outlet to the water injection plant is as a first step to estimate and prevent the possibility of scale formation on surface equipment so that it will result in production failure and failure of the water injection process to be carried out. The results obtained from this study are that there is an effect of pH, temperature and ion concentration where the greater the pH and temperature values, the greater the scale index value that will be supported. Based on research conducted using a scale prediction calculation simulator, wash tanks that have lower pH and temperature levels (6.99, 71 °C) have a smaller saturation index value, namely 0.4577 compared to the saturation index value on a water injection plant that has a lower saturation index. pH and temperature levels are greater (7.28, 72 °C), namely 1.026. Meanwhile, the results obtained from water analysis in the laboratory show that the presence of calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) and bicarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) is an indicator of scale forming ions.

**Keywords:** Scale, Calcium Carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ), Laboratory, Surface facility, Water Analysis

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 LATAR BELAKANG

Penurunan laju alir produksi dapat disebabkan oleh penurunan tekanan reservoir. Selain daripada itu, menurunnya laju alir produksi dapat disebabkan karena adanya kerusakan pada *subsurface facility* dan *surface facility* sebagai akibat dari kegiatan pengeboran, injeksi, maupun produksi. Adanya endapan *scale* menjadi salah satu masalah yang dapat mengganggu aliran fluida baik pada zona perforasi, rangkaian pompa dalam sumur, tubing, pipa penyalur, maupun pada *surface facility* (Kinasih, Amin, & Prabu, 2013)(Ahmad & Said, 2015).

*Scale* merupakan salah satu masalah kritis dan tantangan pada lapangan minyak dan gas bumi. *Scale* dapat menjadi salah satu penyebab kegagalan produksi, kerusakan peralatan, *shutdown* darurat, peningkatan biaya pemeliharaan, dan penurunan secara keseluruhan dalam efisiensi produksi (Friadi, Prabu, & Iskandar, 2011). Dalam kondisi kritis *scale* dapat menciptakan penyempitan pada tubing maupun *flowline* secara signifikan (Eltaib & Rabah, 2012).

Endapan *scale* dapat terbentuk pada operasi yang dilakukan di *gathering station*, yaitu pada proses pemisahan air dari minyak dimana pada proses tersebut akan terjadi adanya agitasi/pengadukan yang dapat menyebabkan tercampurnya dua jenis fluida yang *incompatible*. Pada proses *water cleaning plant* air yang masuk ke WCP akan dibersihkan dengan proses penyaringan dengan menggunakan alat *hydorcyclone*. Setelah proses tersebut air yang terproduksi akan diinjeksikan kembali ke sumur-sumur injeksi. Dari beberapa proses yang ada pada *gathering station* tersebut dapat menyebabkan terbentuknya *scale* pada *surface facility*. Dimana bila terbentuk *scale* dapat mengakibatkan potensi bahaya serta terjadi berbagai masalah lainnya seperti korosi, serta konsumsi energi yang tinggi dan biaya perawatan peralatan yang cukup mahal (Zhao et al., 2020)(Guntu, Al-Kandari, & Al-Hajeri, 2015).

Pada injeksi *waterflood* pencampuran air dari berbagai sumber dapat menyebabkan terbentuknya *scale* di formasi. Hal ini terjadi karena semakin lama suatu sumur menginjeksikan air maka akan semakin besar pula kemungkinan terjadi kerusakan pada sumur tersebut. Selain itu akan muncul pula faktor-faktor

lain yang akan menghambat proses injeksi itu sendiri seperti masalah *scale*, kerusakan formasi, terjadinya perekahan akibat tekanan yang terlalu besar dan sebagainya (Veri, 2012)

Oleh karena itu, sangat penting untuk mengetahui kandungan ion-ion yang terdapat pada air formasi di *surface facility* untuk melakukan pencegahan sebelum terbentuknya *scale*. Evaluasi untuk memperkirakan kecenderungan pembentukan *scale* biasanya difokuskan pada *scale* jenis karbonat dan sulfat. Pada *surface facility* sering dijumpai *scale* kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang disebabkan oleh kombinasi ion kalsium dengan ion karbonat atau ion bikarbonat yang terdapat di dalam air formasi, sehingga bakteri yang terdapat di dalam minyak bumi bereaksi dengan gas karbon dioksida. Metode untuk memperkirakan terbentuknya *scale*  $\text{CaCO}_3$  dengan menggunakan metode *Stiff & Davis Stability Index* (S&DSI).

Penulis memilih metode *Stiff and Davis* dengan berbagai pertimbangan yaitu metode ini lebih memperhatikan kandungan ion selain ion Ca dan ion  $\text{CO}_3$ , selain itu metode ini sudah sering digunakan dalam penelitian-penelitian sebelumnya. *Scale* tersebut dapat diketahui berdasarkan analisis komposisi ion-ion yang terkandung di dalam air formasi. Data yang telah diperoleh, selanjutnya digunakan untuk menentukan ada atau tidaknya potensi/kecenderungan terbentuknya *scale* (Alighiri, Fatmala, Syafi'i, & Haditya, 2018). Mekanisme pembentukan *scale* sangat berpengaruh dari komposisi kandungan air tersebut, baik itu berupa kation ( $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ ), serta anion ( $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , dan  $\text{HCO}_3^-$ ) (Salimin & Gunandjar, 2007)(Ali, 2016).

Pada penelitian kali ini peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dalam skala laboratorium dengan menganalisa faktor pembentuk *scale* yaitu pH, temperatur, serta konsentrasi ion-ion air pada *wash tank* dan *outlet to water injection plant / pipeline* untuk mengetahui kecenderungan terbentuknya *scale* pada *surface facility*. Perbedaan pada penelitian kali ini dengan penelitian sebelumnya ialah tempat pengambilan air formasi untuk sampel, dimana penelitian sebelumnya menggunakan sampel air formasi dari *wellhead*.

## 1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Memprediksi terbentuknya *scale* pada sampel air di *wash tank* dan *outlet to WIP/Pipeline* menggunakan metode *Stiff-Davis*.
2. Mengetahui pengaruh pH, temperatur, dan konsentrasi ion-ion pada sampel menggunakan simulator dengan metode *Stiff-Davis*.

## 1.3 MANFAAT PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti seberapa besar kecendrungan terbentuknya *scale* pada *surface facility*. Akibat dari pengendapan *scale* tersebut akan mengakibatkan tidak optimalnya kinerja dari *surface facility*, dalam kasus yang lebih buruk hal ini dapat mengakibatkan tidak beroperasinya dari *surface facility* tersebut dan pengeluaran biaya dalam proses perbaikan maupun pergantiannya. Dengan penelitian kali ini, sangat diharapkan dapat dilakukan pencegahan dari akibat yang akan terjadi pada *surface facility* karena adanya pengendapan *scale* serta menjadi landasan dalam penelitian selanjutnya ataupun penelitian serupa mengenai *scale*.

## 1.4 BATASAN MASALAH

Agar Penelitian ini tidak keluar dari tujuan yang diharapkan, maka dalam penelitian ada beberapa batasan yang dilakukan, yaitu:

1. Sampel yang digunakan adalah sampel yang diambil dari *wash tank* dan *outlet to WIP*.
2. Data yang didapat berasal dari analisis laboratorium sampel air.
3. Metode yang digunakan dalam menghitung *Saturation Index* adalah metode *Stiff-Davis*.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam pengembangan sumber daya alam termasuk di dalamnya kandungan minyak dan gas bumi yang dapat digunakan sebagai sumber pemanfaatan kekayaan alam. Sebagaimana dijelaskan dalam Al-Qur'an:

QS. Al-An'ām /6 : 165: *Dan Dia lah yang menjadikan kamu penguasa-penguasa di bumi dan Dia meninggikan sebahagian kamu atas sebahagian (yang lain) beberapa derajat, untuk mengujimu tentang apa yang diberikan-Nya kepadamu. Sesungguhnya Tuhanmu Amat cepat siksaan-Nya dan Sesungguhnya Dia Maha Pengampun lagi Maha Penyayang.*

Al-Qur'an menyatakan bahwa sumber daya alam yang ada di bumi ditujukan untuk kemakmuran manusia, manusia yang menjadi khalifah untuk mengurus dan memanfaatkannya tanpa merusak tatanan yang telah ada.

### 2.1 STATE OF THE ART

Adapun penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang ada hubungannya dengan penelitian yang akan dilakukan, dilihat tabel dibawah:

**Tabel 2.1** *State of the art*

No	Judul	Metode	Hasil
1.	Analisa air formasi dalam menentukan kecenderungan pembentukan <i>scale</i> pada sumur X, Y dan Z(Ahmad & Said, 2015)	Sampel air formasi yang digunakan berasal dari sumur, metode perhitungan yang digunakan metode <i>Stiff-Davis</i> dan metode <i>Skillman, McDonald, &amp; Stiff</i> .	Metode <i>Stiff-Davis</i> mendapatkan nilai SI pada sampel I, II, III berturut-turut sebesar 11,036, 9,6119, dan 10,815. metode <i>Skillman, Mcdobald, &amp; Stiff</i> mendapatkan nilai S pada sampel I, II, III berturut-turut sebesar 35,223 meq/l, 129,8 meq/l, dan 66,99 meq/l.

2.	Analisis penanggulangan pertumbuhan <i>scale</i> dengan metode injeksi <i>scale inhibitor</i> secara <i>continue</i> di <i>surface facility</i> pada lapangan minyak VR(Resty, 2019)	Menghitung laju pertumbuhan <i>scale</i> pada peralatan di <i>surface facility</i> secara <i>continue</i>	Laju pertumbuhan <i>scale</i> pada lapangan ini dikategorikan tinggi karena nilainya berkisar antara $0,01 \text{ lb / day / ft}^2$ – $0,02 \text{ lb / day / ft}^2$ di kedua titiknya yaitu titik <i>Wash Tank II</i> dan <i>Inlet Skimming Tank</i> .
----	--	---	---

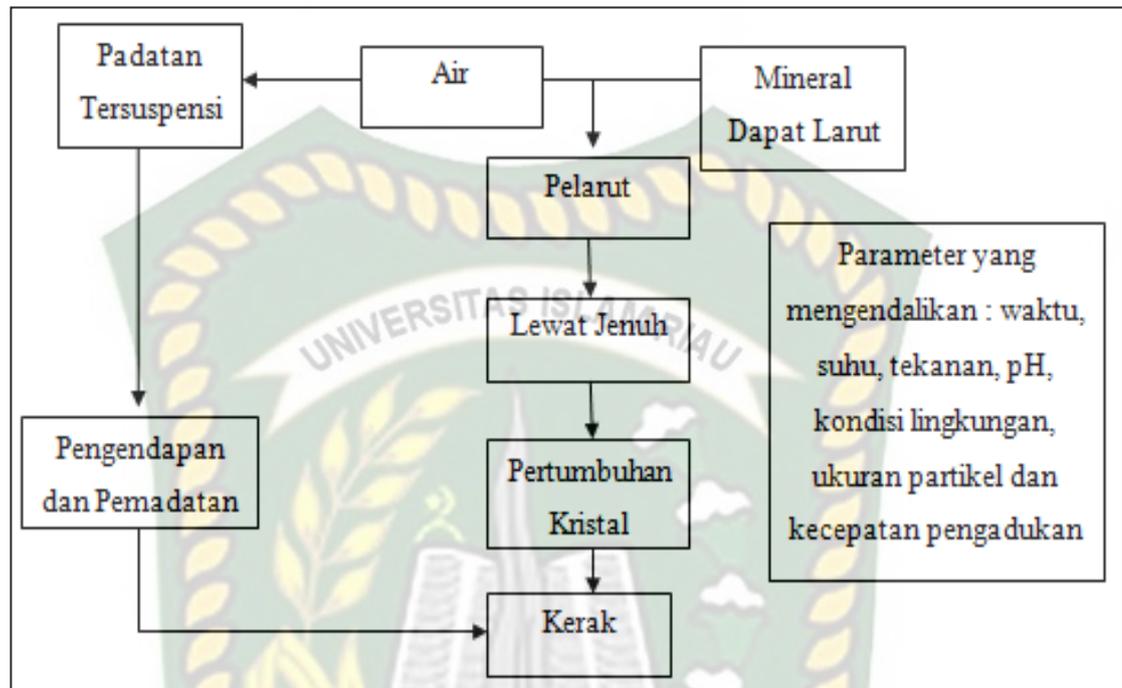
### 2.1.1 Pengertian *Scale*

*Scale* adalah suatu endapan yang terbentuk sebagai akibat terjadinya kristalisasi dari ion-ion mineral yang terlarut di dalam air dan melebihi keadaan kesetimbangan, kerak tersebut biasanya mengendap di dalam sumur (*wellbore*) maupun di *surface facilities* (Musnal, 2013). *Scale* merupakan salah satu masalah kritis dan tantangan pada lapangan minyak dan gas. Dalam kondisi yang parah *scale* dapat menciptakan penyempitan yang signifikan bahkan menyumbat pada pipa produksi maupun pada tubing (Eltaib & Rabah, 2012).

*Scale* mempunyai tiga fasa kristal yaitu kalsit, aragonit, dan vaterit dengan struktur morfologi yang berbeda. Perbedaan fasa kalsit, vaterit dan argonit terletak pada tingkat kestabilan fasa, dimana fasa kalsit paling stabil pada kondisi temperatur ruang. Perubahan dari morfologi fasa kristal  $\text{CaCO}_3$  dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH larutan, *supersaturasi*, penambahan aditif, temperatur, dan laju alir. (Kiaei & Haghtalab, 2014).

Mekanisme pembentukan *scale* diawali oleh air yang mengandung ion-ion pembentuk *scale*. Ion-ion yang terdapat didalam air akan saling tarik menarik dan membentuk inti kristal yang berukuran kecil, dan beberapa ion-ion membentuk inti kristal di dalam permukaan pipa. Adanya endapan *scale* dapat mengakibatkan pengecilan pada lubang perforasi, tubing, maupun *flowline* yang dapat menghambat aliran produksi atau volume aliran fluida selama proses produksi. Sedangkan pada lubang perforasi atau matriks batuan formasi, endapan *scale* akan menyumbat aliran fluida dan menurunkan permeabilitas reservoir.(Friadi et al.,

2011) Kristalisasi dapat terbentuk sebagai akibat dari padatan yang tidak terlarut. Di bawah ini merupakan skema pembentukan *scale*.



**Gambar 2.1** Skema Umum Pembentukan *Scale* (Salimin & Gunandjar, 2007)

### 2.1.2 Jenis-jenis *scale*

Ada beberapa jenis *scale* yang umum terdapat di lapangan minyak dan gas menurut (Sari, 2011):

**Tabel 2.2** Endapan *Scale* yang umum terdapat dilapangan Minyak

Jenis <i>Scale</i>	Rumus Kimia	Faktor yang Berpengaruh
Kalsium Karbonat (Kalsit)	$\text{CaCO}_3$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penurunan Tekanan (<math>\text{CO}_2</math>)</li> <li>• Perubahan Temperatur</li> <li>• Kandungan Garam Terlarut</li> <li>• Perubahan Keasaman (pH)</li> </ul>
Kalsium Sulfat Gypsum	$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perubahan Tekanan dan Temperatur</li> </ul>

Hemi-Hydrate Anhydrite	$\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ $\text{CaSO}_4$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kandungan Garam Terlarut</li> </ul>
Barium Sulfat Stronium Sulfat	$\text{BaSO}_4$ $\text{SrSO}_4$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perubahan Tekanan dan Temperatur</li> <li>• Kandungan Garam Terlarut</li> </ul>
Komponen Besi Besi Karbonat Sulfida Besi Ferrous Hydroxide Ferric Hydroxite Oksida Besi	$\text{FeCO}_3$ $\text{FeS}$ $\text{Fe}(\text{OH})_2$ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ $\text{Fe}_2\text{O}_3$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Korosi</li> <li>• Kandungan Gas Terlarut</li> <li>• Derajat Keasaman (pH)</li> </ul>

Sumber: Sari, (2011)

### 2.1.3 Penyebab Terbentuknya *Scale* $\text{CaCO}_3$

*Scale calcium carbonate* merupakan hasil reaksi kimia antara *calcium* (Ca) dengan ion *carbonate* ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) dan ion *bicarbonate* ( $\text{HCO}_3^-$ ) dengan persamaan reaksi sebagai berikut (Garba & Sulaiman, 2014):



Pengendapan *scale* dapat terjadi sebagai akibat dari perubahan komposisi ionik air formasi, pH, tekanan dan suhu (Olajire, 2014) :

#### 1. Perubahan Tekanan

Menurut Syahri & Sugiarto, (2008) keadaan pada formasi ke dasar sumur dan dari kepala sumur menuju tangki pengumpul sering terjadi penurunan tekanan. Dengan menurunnya tekanan akan menyebabkan terlepasnya gas  $\text{CO}_2$  dari ion-ion bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ). Sehingga akan membentuk suatu asam yang disebut asam karbonat ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) yang akan menurunkan kelarutan dari *scale*  $\text{CaCO}_3$ .

#### 2. Perubahan Temperatur

Berbeda antara karakteristik mineral lainnya, kelarutan kalsium sulfat akan semakin berkurang dengan bertambahnya temperatur, besarnya

temperatur berbanding lurus dengan tingkat kecendrungan terbentuknya *scale*. (Vendamawan, 2016)

### 3. Pengaruh pH

Karna adanya penurunan tekanan yang menyebabkan terlepasnya gas CO<sub>2</sub> dari air, maka akan memberikan pengaruh pH air dan daya larut dari CaCO<sub>3</sub> (Syahri & Sugiarto, 2008). Semakin rendah pH maka semakin kecil pula kemungkinan terbentuknya *scale* maupun sebaliknya.

#### 2.1.3 *Scale* Pada Peralatan Permukaan

Pada *surface facility*, *scale* merupakan permasalahan umum yang sering dijumpai pada proses perpipaan dan pemisahan air yang terdapat pada *gathering station*. *Scale* terbentuk karena adanya faktor pendukung pembentukan *scale* yaitu suhu, pH, tekanan dan kondisi lingkungan pada tiap peralatan. Menurut Sutomo, Muryanto, Mangestiono, Jamari, & Bayuseno, (2019) adanya peralatan seperti turbin, kompresor, blower, mixer dan ekstruder yang menghasilkan getaran mekanis pada sistem perpipaan dapat menjadi faktor dalam pembentukan *scale*.

Pengendapan *scale* pada peralatan permukaan juga kerap terjadi pada tangki pemisahan air dari minyak *wash tank* dan *outlet to water injection plant*. Untuk mengetahui kecenderungan terbentuknya *scale* dapat dilakukan dengan analisis air. Analisis air pada *wash tank* dapat memperkirakan kemungkinan terbentuknya *scale* dari proses pemisahan air dan minyak tersebut. Apabila *scale* terbentuk akan mengganggu proses tersebut, mulai dari *wash tank* ke *balance tank*, lalu menuju *hydrocyclone*, sampai ke *surge tank*. Sedangkan analisis air pada *outlet to water injection plant* untuk memperkirakan kemungkinan terbentuknya *scale* pada *flowline* sampai ke sumur injeksi.

#### 2.1.4 Analisis Air Dalam Penentuan Kecenderungan Pembentukan *Scale*.

Menurut Ningrum, (2013) faktor pengendapan *scale* antara lain:

1. Ion-ion pada air mampu membentuk senyawa apabila melebihi keadaan kesetimbangan.
2. Terjadi perubahan kondisi fisik dan komposisi air, yang menurunkan kelarutan.

Pembentukan *scale* pada peralatan *gathering station* merupakan permasalahan yang dapat menjadi serius jika tidak dilakukan upaya pencegahan awal berupa penentuan kemungkinan terbentuknya *scale* yang berasal dari kandungan air formasi yang terproduksi. Pengujian penentuan kecenderungan terbentuknya *scale* dapat dilakukan di laboratorium menggunakan metode *stiff and Davis* (Ahmad & Said, 2015).

Analisa air formasi yang ikut terproduksi dilakukan sebagai tujuan untuk menentukan kandungan ion-ion dalam air formasi tersebut sehingga dapat mengetahui seberapa besar kecenderungan dan jenis *scale* yang dapat terbentuk. Evaluasi untuk memperkirakan kecenderungan pembentukan *scale* biasanya difokuskan pada *scale* jenis karbonat dan sulfat. Metode untuk memperkirakan terbentuknya *scale*  $\text{CaCO}_3$  dengan menggunakan metode *Stiff & Davis Stability Index* (S&DSI) (Alighiri et al., 2018).

#### 2.1.5 Komposisi Kimia Air Formasi

Air formasi merupakan air yang ikut terproduksi bersama minyak dan gas. Dalam proses pemisahannya di *gathering station*, air formasi bersama minyak akan masuk ke dalam *wash tank* sedangkan gas akan menuju *flare* untuk dilakukan pembakaran. Mekanisme pembentukan *scale* berkaitan dengan komposisi kimia dari air formasi, air formasi secara umum mengandung ion positif (kation) dan ion negatif (anion).

**Tabel 2.3** Komposisi Air Formasi

No.	Ion Positif (Kation)	Ion Negatif (Anion)
1	$\text{Na}^+$	$\text{Cl}^-$
2	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{HCO}_3^-$
3	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{SO}_4^{2-}$
4	$\text{Ba}^{2+}$	$\text{CO}_3^{2-}$
5	$\text{Sr}^{2+}$	
6	$\text{Fe}^{2+}$	

Sumber :Pranondo & Agusandi, (2017)

### 2.1.6 Metode Perhitungan Kecenderungan Terbentuknya *Scale*

Ada beberapa metode untuk memperkirakan kecenderungan terbentuknya *scale* dapat dilakukan dengan metode *Langelier Saturation Index*, *Stiff and Davis Stability Index*, *Oddo and Thompson Saturation Index*, dan *Skilman McDonal and Stiff* (Antony et al., 2011)(Lestari, Wahyuni, & Ratnayu, 2007).

Metode *Stiff-Davis* ini adalah modifikasi dari metode *Langelier* dimana mempertimbangkan tingkat padatan terlarut pada kelarutan pada suhu tertentu (Stiff & Davis, 1952).

Nilai *saturation index* dapat ditentukan dengan nilai dari konsentrasi ion-ion dari air formasi tersebut, seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , dan  $\text{Na}^+$ , selain dari konsentrasi ion, dibutuhkan juga nilai pH dan temperatur air.

Hasil dari perhitungan *saturation index* dengan menggunakan metode *Stiff and Davis* akan memperlihatkan nilai yang akurat jika data pH air pada sampel merupakan nilai yang akurat pula. Kecenderungan terbentuknya *scale*  $\text{CaCO}_3$  ditentukan berdasarkan nilai *saturation index* dengan pembacaan sebagai berikut:

1. Jika *saturation index* kurang dari nol, maka *scale* cenderung tidak terbentuk.
2. Jika *saturation index* lebih dari nol, maka *scale* cenderung terbentuk.
3. Jika *saturation index* sama dengan nol, maka sistem berada pada titik jenuh (*saturation point*), dan *scale* tidak terbentuk.

**Tabel 2.4** Level Pengendapan *Scale*

SI	Level Pengendapan <i>Scale</i>
< 0,5	Resiko Kecil (I)
0,5-1,0	Resiko Cukup / Sedang (II)
1,0 – 1,5	Resiko Tinggi (III)
> 1,5	Resiko Sangat Tinggi (IV)

Sumber :Elichev et al., (2010)

Penulis memilih metode *Stiff and Davis* dengan berbagai pertimbangan yaitu metode ini lebih memperhatikan kandungan ion selain ion Ca dan ion  $\text{CO}_3$ , selain itu metode ini sudah sering digunakan dalam penelitian-penelitian sebelumnya.

### 2.1.7 Simulasi *Scale Prediction Calculation*

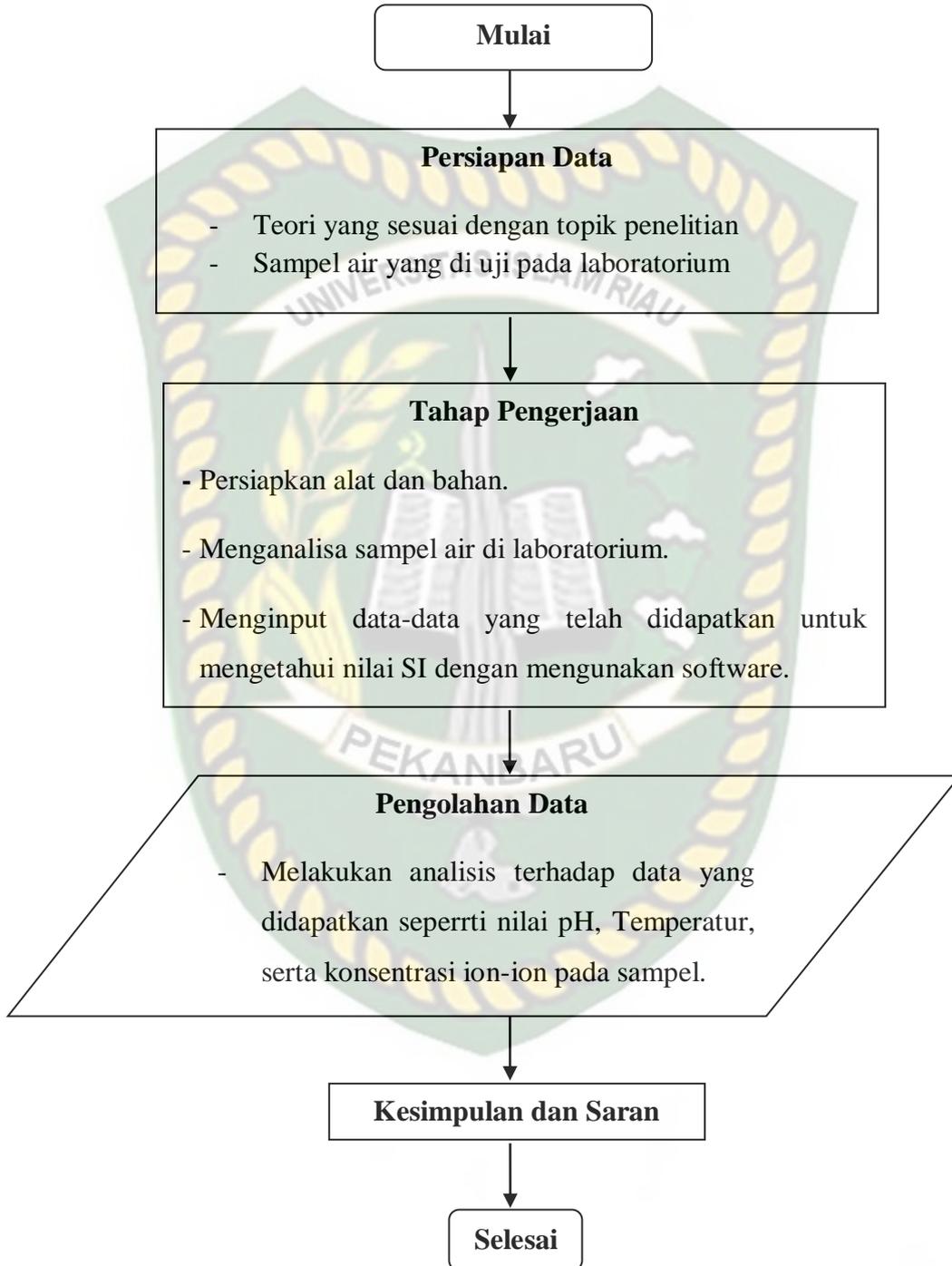
Prediksi pembentukan *scale* dapat dihitung menggunakan *software scale prediction calculation*, dimulai dengan menginput data-data sebagai berikut:

1. Konsentrasi Ion natrium (mg/L)
2. Konsentrasi Ion kalsium (mg/L)
3. Konsentrasi Ion magnesium (mg/L)
4. Konsentrasi Ion khlorida (mg/L)
5. Konsentrasi Ion karbonat (mg/L)
6. Konsentrasi Ion bikarbonat (mg/L)
7. Konsentrasi Ion sulfat (mg/L)
8. Temperatur air (°C)
9. pH air

Setelah menginput data *water analysis* serta temperatur dan pH, akan dikalkulasi oleh *software* dan akan menghasilkan prediksi nilai dari *saturation index scale CaCO<sub>3</sub>*.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 *FLOW CHART*



Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

### 3.2 JENIS PENELITIAN

Pada penelitian ini akan digunakan *Experiment Research* untuk mengetahui kecenderungan terbentuknya *scale* pada *surface facility*.

### 3.3 ALAT, BAHAN, DAN PROSEDUR

#### 3.3.1 Alat

- Gelas ukur berfungsi untuk mengukur volume larutan
- Labu Erlenmeyer berfungsi untuk mencampur, mengukur dan menyimpan larutan.
- Gelas Beaker berfungsi untuk menampung larutan.
- Batang Pengaduk berfungsi untuk mencampur cairan dengan bahan kimia.
- Buret berfungsi untuk titrasi dengan presisi tinggi, atau bisa juga untuk mengukur volume suatu larutan.
- *Spectrophotometer* berfungsi untuk mengukur kadar *chloride* dan *sulfate* yang terkandung dalam air produksi.
- *Portable Multi-Parameter meter* berfungsi untuk mengukur tingkat *pH*, *Disolved Oxygen*, *salinity*, dan *conductivity*.

#### 3.3.2 Bahan

- Sampel Air
- *Buffer Hardness*
- Indikator EBT
- EDTA 0,01 N
- NaOH 1 N
- Indikator PP
- H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02 N
- Indikator *Methyl Orange*
- Indikator *Murexide*

#### 3.3.2 Prosedur

- Pengambilan Sampel
  1. Sampel disaring menggunakan corong pemisah/kertas saring.
  2. Ukur temperatur sampel

3. Catat nilai temperatur
- Total Hardness
    1. Sample 10-50 ml + *Buffer Hardness* 2,5 ml (pH > 10) + Indikator EBT secukupnya.
    2. Titrasi dengan EDTA 0,01N (dari warna jingga berubah menjadi warna biru).
    3. Catat volume titrasi.
  - Ca
    1. Sample 10-50 ml + NaOH 1N 5 ml (pH>10) + Indikator *Murexide* menjadi warna pink tua.
    2. Titrasi dengan EDTA 0,01N + dari warna pink tua menjadi warna jingga.
    3. Catat volume titrasi
  - CO<sub>3</sub> dan HCO<sub>3</sub>
    1. Sampel 10-50 ml + Indikator PP (*phenolphthalein*) 3 tetes (jika ada CO<sub>3</sub> warna sampel berubah menjadi warna pink).
    2. Titrasi dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02N sampai warna pink hilang atau jernih.
    3. Catat volume titran yang terpakai P=...
    4. Kemudian sampel pada nomor 2 + Indikator *methyl orange* warna berubah menjadi kuning muda.
    5. Titrasi kembali dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02N sampai warna sampel berubah menjadi pink.
    6. Catat volume titran yang terpakai T=...
  - Salinity dan pH
    1. Kalibrasi alat multi-parameter.
    2. Bersihkan sensor, lalu lap kering menggunakan tisu.
    3. Masukkan sensor ke sampel.
    4. Catat nilai pH.
    5. Ulangi langkah 2 dan 3
    6. Catat nilai salinitas.

- *Chloride*

1. siapkan sampel dan sampel blank.
2. masukan bahan reaksi ke dalam kedua sampel.
3. Kocok kedua sampel tersebut, lalu diamkan selama 2 menit.
4. Masukan sampel blank kedalam *Spectrophotometer* selama 5 menit, lalu tekan nol.
5. keluarkan sampel blank, dan masukan sampel kedalam *Spectrophotometer*.
6. Catat nilai *chloride*.

- *Simulasi Scale Prediction Calculation*

1. Konsentrasi Ion natrium (mg/L)
2. Konsentrasi Ion kalsium (mg/L)
3. Konsentrasi Ion magnesium (mg/L)
4. Konsentrasi Ion khlorida (mg/L)
5. Konsentrasi Ion karbonat (mg/L)
6. Konsentrasi Ion bikarbonat (mg/L)
7. Konsentrasi Ion sulfat (mg/L)
8. Temperatur air (°C)
9. pH air
10. Catat nilai SI

### 3.4 JADWAL PENELITIAN

Adapun jadwal penelitian sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Jadwal Penelitian Tugas Akhir

Kegiatan	Tahun 2020												
	Juni				Juli				Agustus				September
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
Studi Literatur	■	■	■	■									
Pembuatan Proposal Penelitian			■	■									
Mempersiapkan alat dan bahan					■								
Melakukan perobaan di laboratorium						■	■	■					
Analisa data									■	■	■	■	
Pembuatan laporan													■

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis air pada *surface facility* berfungsi untuk mengetahui komposisi ion-ion yang terdapat pada sampel guna mengetahui seberapa besar kecenderungan terbentuknya *scale*. Terdapat dua titik pada *surface facility* yang akan dievaluasi yaitu pada *wash tank* dan *outlet to water injection plant*.

### 4.1 WATER ANALYSIS

Menurut Sari, (2011) analisis air formasi bertujuan untuk mengetahui kandungan kation dan anion yang terlarut di air formasi didalam proses produksi. Ada beberapa alat dan prosedur percobaan yang digunakan dalam mengetahui nilai-nilai dari kation serta anion. Berikut alat yang digunakan dalam analisis air formasi:

1. Multi-parameter

Alat ini dapat mengukur pH, Conductivity, Salinity dan TDS. Pengoperasian yang mudah baik kegunaan lapangan yang unggul maupun di laboratorium.



**Gambar 4.1** Multi-Parameter (BOB PT. BSP-Pertamina Hulu File, 2020)

## 2. Spectrophotometer

Alat ini digunakan untuk mengukur nilai dari setiap unsur yang terkandung pada air formasi. Metode analisis nya didasarkan pada besarnya nilai *absorpsi* (penyerapan) suatu zat terhadap radiasi sinar elektromagnetik. Dimana sinar tersebut akan diserap atau diteruskan dan dibaca dengan satuan detector.



**Gambar 4.2** Spectrophotometer (BOB PT. BSP-Pertamina Hulu File, 2020)

Karakteristik air formasi yang perlu diketahui yaitu komposisi kimia serta sifat fisik dari air formasi tersebut. Air formasi juga mengandung padatan yang berbentuk suspensi serta gas terlarut. Analisis terhadap air formasi dilakukan dengan analisa kuantitatif, yang digunakan untuk mengetahui besarnya kandungan masing-masing komponen dalam air. Dari hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium dengan dilakukannya analisis air pada 2 titik, *wash tank* dan *outlet to water injection plant* dapat dilihat dari tabel 4.1 dimana memperlihatkan kandungan dari setiap unsur yang terlarut pada tiap-tiap sampel.

**Tabel 4.1** Analisis Air Formasi

Parameter	Wash Tank	Outlet To Water Injection Plant
pH	6,99	7,28
Temperature (°C)	71	72
Conductivity (mS/cm)	7,42	8,05
Total Dissolved Solid (mg/L)	3,96	4,32
Salinity (mg/L)	4,1	4,4
SO <sub>4</sub> <sup>2+</sup> (mg/L)	0	1
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	999,69	999,69
Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	18,46	13,04
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	12,12	22,22
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	1461,6	1436,4
Na (mg/L)	1150,1	1139,74
NaCl (mg/L)	1649,49	1649,49

Dari hasil analisis air pada tabel 4.1 dapat dilihat adanya kandungan ion kalsium (Ca) dengan kandungan ion bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) yang cenderung akan terjadinya reaksi kimia pembentukan *scale* jenis kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>), dengan reaksi kimia sebagai berikut:



Dari hasil analisis air tersebut dapat dilihat tidak adanya konsentrasi dari ion karbonat (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) dikarenakan menurut (Sundjono & Saefudin, 2018) pH 6,5 – 8,5 hanya terdapat komponen (CO<sub>2</sub>-HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) yang ada dalam larutan, sedangkan komponen lainnya (CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) tidak terbentuk. Sedangkan ion-ion pembentuk *scale* jenis lainnya, yaitu ion-ion seperti barium (Ba<sup>2+</sup>), strontium (Sr<sup>2+</sup>), dan besi (Fe<sup>2+</sup>). Dengan demikian pula penulis menggunakan metode *Stiff-Davis stability index* sebagai metode penentuan kecenderungan terbentuknya *scale* pada penelitian kali ini. Metode ini lebih memperlihatkan kandungan ion selain ion Ca dan ion CO<sub>3</sub>, selain metode *Stiff-Davis* sudah mewakili dari keadaan lapangan yang diteliti karna tidak adanya *scale* yang terbentuk selain *scale* kalsium karbonat.

#### 4.2 SIMULASI SOFTWARE *SCALE PREDICTION CALCULATION*

Prediksi kecenderungan terbentuknya *scale* menggunakan *software scale prediction calculation* dengan menginput data-data yang diperlukan seperti pH, temperatur serta kandungan anion kation dari sampel. Simulasi yang dilakukan menggunakan software ini memiliki 2 pilihan perhitungan kecenderungan terbentuknya *scale*, yaitu metode kalkulasi dari *Oddo-Tomson* dan metode kalkulasi dari *Stiff-Davis*. Dilihat dari hasil analisis air pada laboratoitum menunjukkan bahwa tidak adanya kosentrasi ion-ion pembentuk *scale* selain dari kalsium dan karbonat ataupun bikarbonat. Maka pada simulasi ini dipilihlah *Stiff-Davis Methode* pada pilihan *calculation methode*.

Input Data	
Water Analysis Data	
Na+	1150.10 mg/L
Ca++	12.12 mg/L
Mg++	18.46 mg/L
Cl-	999.69 mg/L
CO3=	0 mg/L
HCO3-	1461.6 mg/L
SO4-	0 mg/L
Temperature	71 deg C
pH	6.99

Calculation Methode	
<input checked="" type="radio"/>	Stiff and Davis Methode
<input type="radio"/>	Oddo and Tomson Methode

Prediction CaCO3 Scale	
Saturation Index (SI)	0,4577
Amount Scale (PTB)	6,8609 lb/1000 b

Scale CaCO3 indicated  
Few Scaling Problems

**Gambar 4.3** *Scale prediction calculation* pada *wash tank*

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa adanya indikasi terbentuknya *scale* CaCO<sub>3</sub> di *wash tank* dengan nilai *saturation index* (SI) sebesar 0,4577. Dengan SI bernilai positif (+), maka air berada di atas nilai kejenuhan dan mengindikasikan terbentuknya *scale* dengan level resiko pengendapan yang kecil.

**Gambar 4.4** Scale prediction calculation pada outlet to WIP

Sedangkan dapat dilihat dari gambar diatas, yang menunjukkan nilai dari *saturation index* (SI) di *outlet to water injection plant* sebesar 1,026. Pada gambar tersebut menunjukkan adanya indikasi *scale*  $\text{CaCO}_3$ . Dengan hasil SI bernilai positif (+) lebih dari 0 maka air berada di atas nilai kejenuhan dan mengindikasikan terbentuknya *scale* dengan level resiko pengendapan tinggi.

### 4.3 ANALISIS PENGARUH PH, TEMPERATUR, DAN KONSENTRASI ION-ION HASIL DARI SIMULASI SOFTWARE SCALE PREDICTION CALCULATION

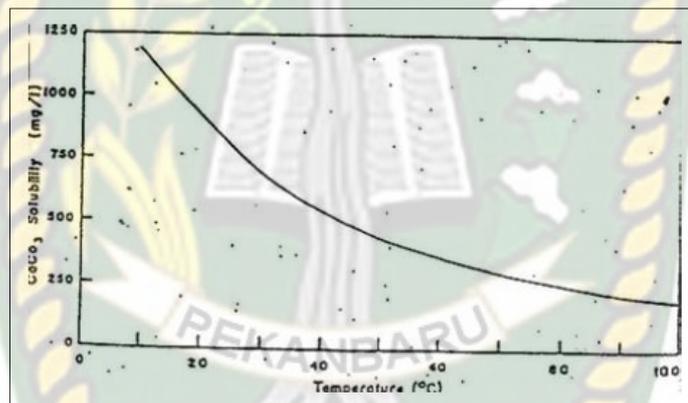
#### 1. pH

Hasil dari simulasi menggunakan software *scale prediction calculation* pada *wash tank* dengan pH sebesar 6,99 menunjukkan nilai *scale index* sebesar 0,4577 dan pada *outlet to WIP* dengan pH sebesar 7,28 menunjukkan nilai *scale index* sebesar 1,026. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi pH maka akan semakin besar kemungkinan *scale*  $\text{CaCO}_3$  yang akan terbentuk. Dengan adanya sejumlah  $\text{CO}_2$  didalam air akan memberikan pengaruh pH pada air tersebut dan daya larut dari *scale*  $\text{CaCO}_3$ . Semakin bertambahnya  $\text{CO}_2$  di dalam air, maka air

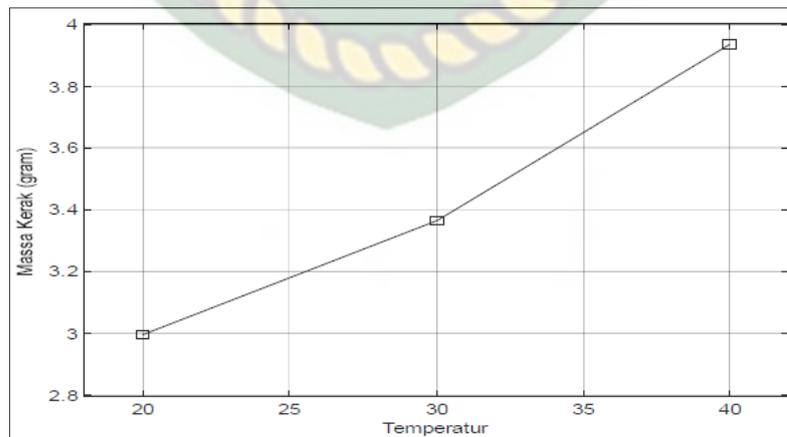
akan bersifat semakin asam atau pH air akan turun. Sebaliknya, jika gas  $\text{CO}_2$  terlepas dari air maka pH air akan semakin besar (Sundjono & Saefudin, 2018)

## 2. Temperatur

Hasil dari simulasi menggunakan software *scale prediction calculation* pada *wash tank* dengan temperatur sebesar  $71^\circ\text{C}$  menunjukkan nilai *scale index* sebesar 0,4577 dan pada *outlet to WIP* dengan temperatur sebesar  $72^\circ\text{C}$  menunjukkan nilai *scale index* sebesar 1,026. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka kelarutan dari *scale*  $\text{CaCO}_3$  itu menurun karena adanya penguapan, jadi daya larut *scale* menurun di temperatur tinggi. Karena daya larutnya menurun, maka kemampuan *scale*  $\text{CaCO}_3$  untuk larut akan kecil, sehingga terbentuklah *scale*  $\text{CaCO}_3$  di temperatur tinggi.



**Gambar 4.5** Pengaruh Temperatur Terhadap Kelarutan  $\text{CaCO}_3$  (Syahri & Sugiarto, 2008)



**Gambar 4.6** Diagram Hubungan Massa *Scale* Terhadap Temperatur (Mangestiyono, 2015)

Berdasarkan (Gambar 4.6) terlihat hubungan antara temperatur dan pertumbuhan massa *scale*, dimana untuk temperatur yang semakin tinggi maka massa *scale* yang akan terbentuk akan lebih besar, sesuai dengan hasil yang didapatkan bahwa pada *wash tank* dengan temperatur sebesar 71°C menunjukkan nilai *scale index* sebesar 0,4577 dan pada *outlet to WIP* dengan temperatur sebesar 72°C menunjukkan nilai *scale index* sebesar 1,026, nilai *scale index* berbanding lurus dengan massa *scale* yang akan terbentuk, semakin besar atau jika  $SI > 1$  maka kecenderungan akan terbentuknya *scale* akan semakin besar.

### 3. Konsentrasi Ion-ion

Hasil dari analisis air di laboratorium menunjukkan adanya kandungan yang mampu membentuk *scale*, dilihat dari hasilnya terdapat kandungan kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan kandungan bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ). Dengan adanya 2 kandungan ion tersebut di dalam air, maka kedua ion tersebut dapat berasosiasi, dimana akan terjadi reaksi:



Sedangkan untuk ion lainnya, seperti natrum (Na) yang komponennya dominan di dalam air, tidak menimbulkan masalah yang berhubungan dengan pembentukan *scale* yang tidak dapat larut.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pada *surface facility* untuk mengetahui kecenderungan terbentuknya *scale* maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari data-data analisis pada sampel yang digunakan untuk simulator *scale prediction calculation* didapatkan adanya indikasi terbentuknya *scale*  $\text{CaCO}_3$  dengan *saturation index* sebesar 0,4577 pada sampel di *wash tank* sedangkan dengan *saturation index* sebesar 1,026 pada sampel di *outlet to WIP/Pipeline*
2. Semakin rendah pH air akan semakin kecil kemungkinan terbentuknya *scale*  $\text{CaCO}_3$ , untuk temperatur tinggi maka akan terbentuk *scale*  $\text{CaCO}_3$ , sedangkan dilihat dari hasil pada simulator konsentrasi pembentuk *scale*  $\text{CaCO}_3$  pada kedua sampel tersebut ialah kandungan kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dengan kandungan bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) yang berasosiasi.

### 5.2 SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran untuk peneliti selanjutnya, yaitu:

1. Membandingkan hasil penelitian kali ini dengan hasil perhitungan secara manual untuk menghitung kecenderungan terbentuknya *scale* menggunakan metode *Stiff-Davis*.
2. Mengetahui laju pertumbuhan *scale* dan kandungan unsur dari *scale* menggunakan kupon pada *wash tank* ataupun *outlet to WIP*.
3. Pengambilan sampel pada *wash tank* dilakukan sebanyak 3 titik, yaitu bawah, tengah, dan atas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N. M., & Said, L. (2015). Analisa Air Formasi Dalam Menentukan Kecendrungan Pembentukan Scale Pada Sumur X , Y dan Z. *Seminar Nasional Cendekiawan*, 317–325.
- Ali, R. (2016). *Penanggulangan Scale Dalam Pipa Distribusi Minyak Mentah Dari Sumur Produksi Ke Mani Fold Secara Kimiawi Pada Lapangan Minyak Dan Gas Job Pertamina Talisman (Ogan Komering) Ltd Di Desa Metur Kabupaten Oku Sumatera Selatan*.
- Alighiri, D., Fatmala, C., Syafi'i, I., & Haditya, E. B. (2018). *Studi Pembentukan Scale CaCO<sub>3</sub> dan CaSO<sub>4</sub> Cepu, Indonesia*. 8(1), 18–27.
- Antony, A., Low, J. H., Gray, S., Childress, A. E., Le-Clech, P., & Leslie, G. (2011). Scale formation and control in high pressure membrane water treatment systems: A review. *Journal of Membrane Science*, 383(1–2), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2011.08.054>
- Elichev, V. A., Voloshin, A. I., Latypov, O. A., Topolnikov, A. S., Gotvig, K. L., & Khabibullin, R. A. (2010). Scale deposition prediction for pump design in oil wells. *Society of Petroleum Engineers - SPE Russian Oil and Gas Technical Conference and Exhibition 2010, RO and G 10, 1*, 186–189. <https://doi.org/10.2118/135084-ms>
- Friadi, R., Prabu, U. A., & Iskandar, H. (2011). *Evaluasi Penanggulangan Scale Dengan Metode Inject Scale Inhibitor Pada Sumur " X " Di Pt Pertamina Ep Asset 2 Field Limau Evaluation Scale Tackling of Scale Inhibitors Using the Injection Wells " X " in Pt Pertamina*.
- Garba, M. D., & Sulaiman, M. S. (2014). *Oilfield Scale Treatment and Managerial Measures in the Fight for Sustainable Production*.
- Guntu, K. R., Al-Kandari, A. R., & Al-Hajeri, N. (2015). Safety controls in process operations - Gathering Centers (GC) & Booster Stations (BS). *SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, MEOS, Proceedings, 2015-Janua*, 1714–1735. <https://doi.org/10.2118/172699-ms>
- Kiaei, Z., & Haghtalab, A. (2014). Experimental study of using Ca-DTPMP nanoparticles in inhibition of CaCO<sub>3</sub> scaling in a bulk water process.

- Desalination*, 338(1), 84–92. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.01.027>
- Kinasih, R. C., Amin, M., & Prabu, A. (2013). *Analisa Hasil Acidizing Treatment Untuk Menanggulangi Scale Caco 3 Dalam Upaya Mengoptimalkan Kemampuan Berproduksi Sumur R-11 Pt . Pertamina Ep Asset 2 Limau The Result Analisis Of Acidizing Treatment For Takling Scale Caco 3 In Effort To Optimize The Ab.*
- Lestari, Wahyuni, M. S., & Ratnayu, S. (2007). Problema Scale di Beberapa Lapangan MIGAS. *Proceeding Simposium National IATMI*, (IATMI 2007-TS-11).
- Mangestiyono, W. (2015). Pengaruh Temperatur Terhadap Pertumbuhan Kerak CaCO<sub>3</sub> Di Dalam Pipa Beraliran Laminer. *Science And Engineering*, 1(Sens 1), 108–114.
- Musnal, A. (2013). Mengatasi Kerusakan Formasi Dengan Metoda Pengasaman Yang Kompetibel Pada Sumur Minyak Dilapangan X. *Journal of Earth Energy Engineering*, 2(2), 1. <https://doi.org/10.22549/jeee.v2i2.933>
- Ningrum, S. K. (2013). *Analisis tingkat kecenderungan pembentukan.*
- Olajire, A. A. (2014). Review of ASP EOR (alkaline surfactant polymer enhanced oil recovery) technology in the petroleum industry: Prospects and challenges. *Energy*, 77, 963–982. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.09.005>
- Pranondo, D., & Agusandi, S. (2017). *Jurnal Teknik Patra Akademika Vol 8. No.1 Juli 2017*. 8(1), 11–21.
- Restya, V. (2019). *ANALISIS PENANGGULANGAN PERTUMBUHAN SCALE DENGAN METODE INJEKSI SCALE INHIBITOR SECARA CONTINUE DI SURFACE FACILITY PADA LAPANGAN VIONI RESTYA PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN UNIVERSITAS ISLAM RIAU.*
- Salimin, Z., & Gunandjar. (2007). *PENGGUNAAN EDTA SEBAGAI PENCEGAH TIMBULNYA KERAK PADA EVAPORASI LIMBAH RADIOAKTIF CAIR*. 3–10.
- Sari, R. P. (2011). *Studi Penanggulangan Problem Scale Dari Near- Wellbore Hingga Flowline Di Lapangan Minyak Limau.*
- Stiff, H. A., & Davis, L. E. (1952). A Method for Predicting the Tendency of Oil Field Waters To Deposit Calcium Carbonate. *Journal of Petroleum*

*Technology*, 4(09), 213–216. <https://doi.org/10.2118/952213-g>

Sundjono, S., & Saefudin, S. (2018). PENGARUH TEMPERATUR DAN pH AIR SADAH KALSIUM SULFAT TERHADAP KOROSI PADA BAJA KARBON. *Metalurgi*, 29(1), 41.

<https://doi.org/10.14203/metalurgi.v29i1.270>

Sutomo, Muryanto, S., Mangestiono, W., Jamari, J., & Bayuseno, A. P. (2019). The influence of wave frequency of solenoid magnetic field on CaCO<sub>3</sub> scale formation in piping system. *AIP Conference Proceedings*, 2097.

<https://doi.org/10.1063/1.5098238>

Syahri, M., & Sugiarto, B. (2008). *Scale Treatment Pada Pipa Distribusi Crude Oil Secara Kimiawi*. 104(0274), 33–37.

Vendamawan, B. (2016). *Pembentukan Kerak CaCO<sub>3</sub>-CaSO<sub>4</sub> Dengan Konsentrasi CA 2000 ppm Pada Suhu 30 C dan 40 C Dalam Pipa Beraliran Laminar*.

Veri, irfan nofta. (2012). *Evaluasi Kinerja Injeksi Air Menggunakan Analisa Fall-Off Test Dan Analisa Kualitas Air Menggunakan Metode Stiff-Davis*. 06.

Zhao, X., Zhou, S., Xu, G., Xiang, Y., Li, Q., Zhao, M., ... Zhu, K. (2020). Optimization and simplification technology of maturing oilfields gathering and transportation system and water injection system. *International Petroleum Technology Conference 2020, IPTC 2020*. <https://doi.org/10.2523/iptc-19998-abstract>