

**ANALISIS PENANGGULANGAN ENDAPAN WAX PADA
JARINGAN PIPA DENGAN MENGGUNAKAN *HOT WATER***

TUGAS AKHIR

Diajukan guna penyusunan tugas akhir program Studi Teknik Perminyakan

Oleh

PAUL FERNANDO

NPM 153210114



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Paul Fernando

Npm : 153210114

Program Studi : Teknik Perminyakan

Judul Skripsi : ANALISIS PENANGGULANGAN ENDAPAN WAX

PADA JARINGAN PIPA DENGAN MENGGUNAKAN
HOT WATER

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

Dewan penguji

Pembimbing : Ir.H. Ali Musnal, M.T.

Penguji I : Idham Khalid, ST., MT

Penguji II : Neneng purnamawati, ST., M.Eng.

Ditetapkan di : Pekanbaru

Tanggal : 24 Agustus 2022

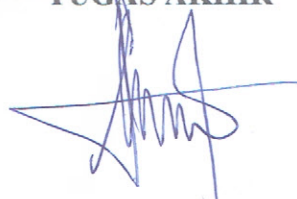
Disahkan oleh :

**KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN**

**DOSEN PEMBIMBING
TUGAS AKHIR**



NOVIA RITA, S.T., M.T



Ir.H. Ali Musnal, M.T.

KATA PENGANTAR

Rasa syukur saya ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-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 saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh ilmu pengetahuan selama kuliah. Tanpa bantuan mereka tentu akan sulit rasanya untuk mendapatkan gelar sarjana teknik ini. Oleh karena itu saya ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Ir.Ali Musnal, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu dan pikiran untuk memberi arahan maupun masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Ketua Prodi Ibuk Novia Rita S.T., M.T dan sekretaris program studi BapakTomi Erfando S.T., M.T serta dosen-dosen yang banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan, dan dukungan yang telah diberikan.
3. Ibuk Richa Melysa S.T., M.T selaku pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, nasihat, penyemangat selama menjalankan perkuliahan di Teknik Perminyakan.
4. Terima kasih kepada segenap dosen Teknik Perminyakan dan seluruh staff akademik yang selalu membantu dalam memberikan fasilitas, ilmu, serta pendidikan kepada saya hingga bisa menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Terima kasih kepada keluarga yang selalu memberi doa, semangat dan fasilitas dalam proses penyelesaian pendidikan ini.

6. Terimakasih kepada rekan rekan Universitas Islam Riau terkhusus Fitra Hadi, Fahmi Redy, Arman Saputra, Ari Fernando, Adi Saputra, Ary Agung Nugroho yang telah memberi banyak semangat kepada saya.

Demikian ucapan terima kasih yang bisa saya sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu saya dalam melaksanakan dan menyelesaikan laporan skripsi. Saya menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, masukan dan saran sangat penulis harapkan untuk mencapai hasil laporan yang jauh lebih baik dan bermanfaat. Saya berharap bahwa skripsi ini bermanfaat bagi banyak orang.

Pekanbaru, 28 Juli 2022



Paul Fernando
NPM 153210114

ANALISIS PENANGGULANGAN ENDAPAN WAX PADA JARINGAN PIPA DENGAN MENGGUNAKAN *HOT WATER*

PAUL FERNANDO

NPM 153210114

ABSTRAK

Permasalahan *wax* terus menerus dapat menyebabkan penurunan produksi, berkurangnya tekanan dan bahkan akan membentuk gel yang akan menyumbat dan mengakibatkan sistem pada jaringan pipa tiba-tiba mati. Air panas dipompakan kedalam jaringan pipa dengan harapan endapan *wax* pada dinding pipa menjadi berkurang. Dengan bantuan simulasi proses penanggulangan *wax* pada software OLGA, penanggulangan endapan *wax* dilakukan dengan memompakan air panas ke dalam jaringan pipa. Beberapa parameter sensitivitas akan dilakukan dalam pemodelan simulasi proses penanggulangan endapan *wax* tersebut untuk mengetahui kinerja dari metode air panas, diantaranya; temperature dan waktu injeksi.

Pada penelitian ini simulasi dilakukan dengan memodelkan *wax* yang menempel pada dinding pipa berdiameter 6inch dan memiliki panjang 16 km dengan *wax content* sebesar 13,1%. *Hot water* diinjeksikan dengan variasi temperature injeksi 70°C, 75°C & 80°C dan dengan waktu injeksi 18 jam dan 24 jam.

Semakin besar temperature dan semakin singkat waktu inkesi memberikan hasil yang signifikan pada penanggulangan permasalahan *wax*. Jumlah *wax* terlarut yang paling banyak diperoleh pada scenario 3, yaitu sebanyak 143197 kg. Pada kondisi tersebut temperature yang awalnya 80°C terus turun secara signifikan, penurunan ini terus terjadi hingga jarak 8000 m, setelah mencapai jarak 8000 m temperature fluida injeksi turun dan stabil pada temepnatur 24.36 °C

Kata Kunci: *Wax, Hot Water, OLGA*

ANALYSIS OF WAX SEDIMENT MANAGEMENT IN PIPELINE USING HOT WATER

PAUL FERNANDO

153210114

ABSTRACT

Continuous wax problems can cause decreased production, reduced pressure and will even form a gel that will clog and cause the system in the pipeline to suddenly shut down. Hot water is pumped into the pipe network with the hope that wax deposits on the pipe walls will be reduced. With the help of the simulation of the wax handling process on the OLGA software, the wax deposition control is carried out by pumping hot water into the pipe network. Several sensitivity parameters will be carried out in the simulation modeling of the wax deposition process to determine the performance of the hot water method, including injection temperature and time.

In this study, the simulation was carried out by modeling the wax attached to the pipe wall with a diameter of 6 inches and a length of 16 km with a wax content of 13.1%. Hot water was injected with various injection temperatures of 70°C, 75°C & 80°C and with injection times of 18 hours and 24 hours.

The greater the temperature and the shorter the injection time, the more significant the results of the wax problem. The highest amount of dissolved wax was obtained in scenario 3, which was 143197 kg. Under these conditions, the initial temperature of 80°C continued to drop significantly, this decrease continued to a distance of 8000 m, after reaching a distance of 8000 m the temperature of the injection fluid dropped and stabilized at 24.36 °C.

Keywords: Wax, Hot Water, OLGA

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK.....	v
ANALYSIS OF WAX SEDIMENT MANAGEMENT IN PIPELINE USING HOT WATER.....	vi
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN.....	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN.....	2
1.4 BATASAN MASALAH.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 <i>STATE OF THE ART</i>	3
2.2 <i>WAX PARRAFIN</i>	3
2.3 METODE <i>HOT WATER</i>	5
BAB III METODELOGI PENELITIAN.....	7
3.1 METODE PENELITIAN.....	7
3.2 PROSEDUR PENELITIAN.....	8
3.2.1 Sensitivitas Parameter.....	10
3.3 RENCANA KEGIATAN.....	11

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 PENGUJIAN SKENARIO.....	12
4.2 HASIL PERBANDINGAN SKENARIO	21
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	22
5.1 KESIMPULAN	22
5.2 SARAN	22
DAFTAR PUSTAKA	23



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Waxy crude oil yang sudah menjadi gel di dalam pipa (Thota & Onyeanuna, 2016).....	5
Gambar 3. 1 Alur Penelitian (Flowchart).....	8
Gambar 3. 2 Skematis model jaringan pipa menggunakan OLGA simulator (Theyab, 2017).....	10
Gambar 4. 1 Grafik Trend Plot Kumulatif wax yang terlarut terhadap waktu pada skenario 1	13
Gambar 4. 2 Grafik Trend Plot Perubahan temperature fluida injeksi skenario 1	13
Gambar 4. 3 Grafik Trend Plot Kumulatif wax yang terlarut terhadap waktu pada skenario 2	14
Gambar 4. 4 Grafik Trend Plot Perubahan temperature fluida injeksi skenario 2	15
Gambar 4. 5 Grafik Trend Plot Kumulatif wax yang terlarut terhadap waktu pada skenario 3	16
Gambar 4. 6 Grafik Trend Plot Perubahan temperature fluida injeksi skenario 3	16
Gambar 4. 7 Grafik Trend Plot Kumulatif wax yang terlarut terhadap waktu pada skenario 4	17
Gambar 4. 8 Grafik Trend Plot Perubahan temperature fluida injeksi skenario 4	18
Gambar 4. 9 Grafik Trend Plot Kumulatif wax yang terlarut terhadap waktu pada skenario 5	19
Gambar 4. 10 Grafik Trend Plot Perubahan temperature fluida injeksi skenario 5	19
Gambar 4. 11 Grafik Trend Plot Kumulatif wax yang terlarut terhadap waktu pada skenario 6	20
Gambar 4. 12 Grafik Trend Plot Perubahan temperature fluida injeksi scenario 6	20

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Karakteristik Minyak	9
Tabel 3. 2 Data PVT.....	9
Tabel 3. 3 Data Sensitivitas.....	10
Tabel 3. 4 Jadwal Kegiatan.....	11
Tabel 4. 1 Skenario	12



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Parafin atau biasa dikenal sebagai wax merupakan jenis hidrokarbon yang memiliki berat molekul tinggi yang juga dikenal dengan sebutan *waxy crude oil* (Boswood & Kreh, 2011). *Waxy crude oil* turut diproduksi karena menurunnya cadangan minyak konvensional serta bertambahnya kebutuhan akan minyak mentah (Bell et al., 2021b). Pada saat mengalirnya minyak melalui fasilitas produksi dan dengan perlahan temperaturnya dan paraffin *solubility* juga akan menurun. Menurut Giacchetta et al., (2018) ketika temperatur minyak menurun dibawah nilai *wax appearance temperature* (WAT), wax akan mengkristal dan mengendap pada dinding – dinding pipa.

Penurunan temperatur sering terjadi disaat fluida mulai memasuki jaringan pipa yang disebabkan oleh *heattransfer* ke area sekitar melalui pinggiran pipa (Sadafule & Patil, 2014). Penurunan tekanan yang drastis merupakan salah satu penyebab terbentuknya endapan wax pada dinding pipa (Venkatesan & Creek, 2007). Terdapat bermacam cara untuk menghindari dan menanggulangi masalah endapan wax, misalnya dengan menggunakan cara remediasi kimia, *mechanical*, dan juga *thermal* (Diaz & Theyab, 2017). Berdasarkan penelitian Abdurrahman et al., (2018) pada lapangan yang ada di Indonesia, cara yang dinilai cocok untuk diaplikasikan dalam penanggulangan permasalahan wax pada minyak mentah ini ialah dengan injeksi air panas atau injeksi kimia.

Pada penelitian ini, metode penanggulangan masalah endapan wax pada jaringan pipa yang akan diuji coba adalah dengan menggunakan air panas. Pemodelan simulasi proses penanggulangannya akan menggunakan bantuan *software* OLGA. Air panas dipompakan kedalam jaringan pipa dengan harapan endapan wax pada dinding pipa menjadi berkurang (Siddig & Younis, 2010). Beberapa parameter sensitivitas diuji untuk mengetahui kinerja metode air

panas tersebut, diantaranya temperature, rate dan pressure Perangkat lunak OLGA digunakan untuk mensimulasikan pengaruh penggunaan air panas dalam menanggulangi endapan wax pada jaringan pipa.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

1. Mengetahui pengaruh perubahan parameter *temperature hot water* dan *injection time* terhadap penanggulangan endapan wax pada jaringan pipa
2. Menghitung *wax terlarut* dan *heat loss* yang diinjeksikan ke dalam jaringan pipa.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

1. Mendapatkan informasi mengenai penggunaan metode *hot woter* pada penanggulangan endapan wax
2. Dapat dijadikan publikasi ilmiah yang berskala nasional maupun internasional

1.4 BATASAN MASALAH

Batasan masalah disampaikan supaya hasil yang didapatkan semakin terarah dan tidak melenceng dari tujuan yang dimaksud, oleh karena itu didalam penelitian berikut hanya terpusat pada penggunaan *hot water* untuk menanggulangi permasalahan wax pada jaringan pipa. Ada beberapa batasan lain yang dilakukan, yaitu; tidak membahas metode penanggulangan yang lain, hanya membahas parameter sensitivitas berupa temperature, *rate dan volume hot water* serta tidak mempertimbangkan sisi keekonomian,

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 STATE OF THE ART

(Abdurrahman et al., 2018) mengemukakan bahwa salah satu metode yang baik untuk digunakan dalam permasalahan *waxy crude oil* adalah dengan penggunaan *hot water*. Air panas merupakan salah satu cara yang digunakan untuk menjaga temperatur reservoir. Selanjutnya, air panas yang disuntikkan ke dalam lubang sumur memperlambat proses pengendapan lilin. Itu dapat diterapkan selama penyelesaian dan produksi. Selama penyelesaian, air panas disirkulasikan ke dalam anulus menggunakan pipa melingkar. Maka *tubing* dipanaskan untuk mempertahankan suhu di atas titik tuang.

Dalam hal produksi, air panas digunakan bersama dengan injeksi air untuk menjaga tekanan dan suhu. Teknik ini juga dapat dikombinasikan dengan metode kimia untuk mencegah munculnya lilin di lubang sumur (Brook & Lovick, 2014). Pada jaringan pipa, air panas dapat dipompakan ke dalam pipa dengan tujuan mengurangi endapan wax yang menempel pada dinding sumur (Siddig & Younis, 2010).

2.2 WAX PARRAFIN

Kristal – kristal *wax* yang terbentuk merupakan pengaruh dari perubahan temperature yang signifikan. Secara termodnamika *wax* tetap terlarut dalam *crude oil* dan mengalami kesetimbangan dengannya pada saat di reservoir (Hidayat & Abdurrahman, 2018). Fraksi *volatile* di dalam minyak yang menjadi pelarut untuk parafin *wax* juga dapat menyebabkan parafin mengendap (Ahmed, 2018). Suhu tampaknya menjadi faktor utama dan paling kritis dalam pengendapan dan pembentukan *wax* karena hubungan langsungnya dengan kelarutan parafin. Kelarutan parafin menurun dengan menurunnya suhu dan sebaliknya. *Wax* mengendap dari minyak mentah ketika suhu berada pada atau di bawah WAT (Marinho et al., 2015). Temperatur sekitar pipa umumnya lebih rendah dari

temperatur minyak di dalam pipa. Perbedaan suhu ini dapat menyebabkan pengendapan lilin ketika suhu dinding pipa turun di bawah *cloud point* (El-Dalatony et al., 2019).

Wax pada minyak mentah terdiri dari hidrokarbon parafin (C18 - C36) yang dikenal sebagai *wax parafin* dan hidrokarbon naphthenic (C30 - C60). Komponen hidrokarbon *wax* dapat berada dalam berbagai fasa (gas, cair, atau padat) tergantung pada suhu dan tekanannya. Ketika *wax* membeku itu membentuk kristal, kristal yang terbentuk dari lilin parafin dikenal sebagai lilin makrokristalin. Yang terbentuk dari naphthenes dikenal sebagai lilin mikrokristalin (Becker, 2000).

Disaat temperature cairan lebih dingin dari *wax appearance temperture* akan menyebabkan deposisi wax terbentuknya endapan wax pada dinding pipa (Giffary et al., 2021). Pada akhirnya endapan akan menjadi *glassy*, sebelum *waxy crude oil* melalui tiga proses perubahan, yakni proses pengendapan, proses deposisi dan proses gelasi. Pembentukan gel yang dapat menyebabkan penyumbatan dan mengakibatkan berhentinya system pada pipa yang disebabkan oleh deposisi wax secara terus menerus (Theyab & Yahya, 2018). Deposisi wax pada dinding pipa dapat mengakibatkan banyak permasalahan pada system perpipaan, contohnya penyumbatan pada pipa produksi, menurutnya *production rate* serta tingginya penurunan tekanan yang terjadi (Tian et al., 2014 & Chi et al., 2017)

Menurut Thota & Onyeana (2016), terdapat 5 metode yang dapat digunakan dalam menghadapi permasalahan wax, diantaranya yaitu; metode kimia, metode air panas, metode *magnetic fields*, metode *wax inhibitor* dan metode microbial. Untuk kimia, zat kimia digunakan untuk mengontrol wax, seperti bahan bakar diesel, xilena, toluena, dan naftalena. Zat-zat ini digunakan sebagai pelarut untuk melarutkan wax dan meningkatkan produktivitas. Metode kimia dapat diterapkan di lapangan dengan kriteria yang memiliki kandungan lilin lebih dari 30%, titik tuang lebih tinggi dari 35°C. Penggunaan metode air panas untuk mengatasi permasalahan wax dalam hal produksi, air panas digunakan bersamaan dengan injeksi air untuk menjaga tekanan dan suhu. Teknik ini juga

dapat dikombinasikan dengan metode kimia untuk mencegah munculnya wax di lubang sumur. Metode ini diterapkan secara luas dan berhasil menghilangkan kandungan wax di dalam lubang sumur. Tung, et al (2010) mengatakan bahwa metode medan magnet akan menurunkan viskositas minyak secara signifikan. Metode ini disebut sebagai Magnetic Fluid Conditioners (MFC). Pada metode wax inhibitor, metode ini dapat mencegah munculnya wax pada minyak mentah tanpa mempengaruhi karakteristik minyak mentah. Namun, efek perlakuan magnetis sangat kuat tergantung pada suhu, intensitas magnet, dan waktu eksposisi



Gambar 2. 1 *Waxy crude oil* yang sudah menjadi gel di dalam pipa (Thota & Onyeonuna, 2016)

2.3 METODE *HOT WATER*

Metode air panas yang memanaskan sistem pada jaringan pipa telah digunakan sejak awal 1990-an dan bekerja pada prinsip yang sama dengan *heat exchanger* industri di mana cairan produksi dihangatkan oleh pertukaran panas dengan aliran arus counter dari media pemanas seperti air atau glikol baik dalam pipa atau sistem yang dibundel di seluruh dinding pipa (El-Dalatony et al., 2019).

Energi panas yang diperlukan biasanya disediakan dari pemanas tersendiri pada fasilitas produksi atau oleh sistem pemulihan panas limbah (yaitu gas buang turbin) jika tersedia (Abney, 2010). Metode pemanasan dapat didefinisikan

menjadi dua kategori; langsung dan tidak langsung (McDermott & Sathananthan, 2014).

Dengan pendekatan pemanasan langsung, media pemanas dipasok melalui annulus atau jaringan pipa yang dibundel, memanaskan cairan produksi dan kembali melalui ruang annulus atau melalui jalur khusus (Bell et al., 2021a). Tidak seperti sistem pipa konvensional, insulasi terikat pada pipa luar. Jenis pemanasan aktif ini telah diimplementasikan dalam dua lapangan; lapangan King Oil di Teluk Meksiko dan lapangan Kondensat Gas Britannia di Laut Utara (Harrison & Herring, 2000).

(Abdurrahman et al., 2018) mengemukakan bahwa salah satu metode yang baik untuk diaplikasikan dalam permasalahan *waxy crude oil* adalah dengan menggunakan air panas. Air panas merupakan salah satu metode yang biasa digunakan untuk menjaga temperatur reservoir. Selanjutnya, air panas yang disuntikkan ke dalam lubang sumur memperlambat proses pengendapan lilin. Hal tersebut dapat diterapkan selama kompleksi dan produksi. Selama kompleksi, air panas disirkulasikan ke dalam anulus menggunakan pipa melingkar. Maka *tubing* dipanaskan untuk mempertahankan suhu di atas titik tuang (Kumar et al., 2012).

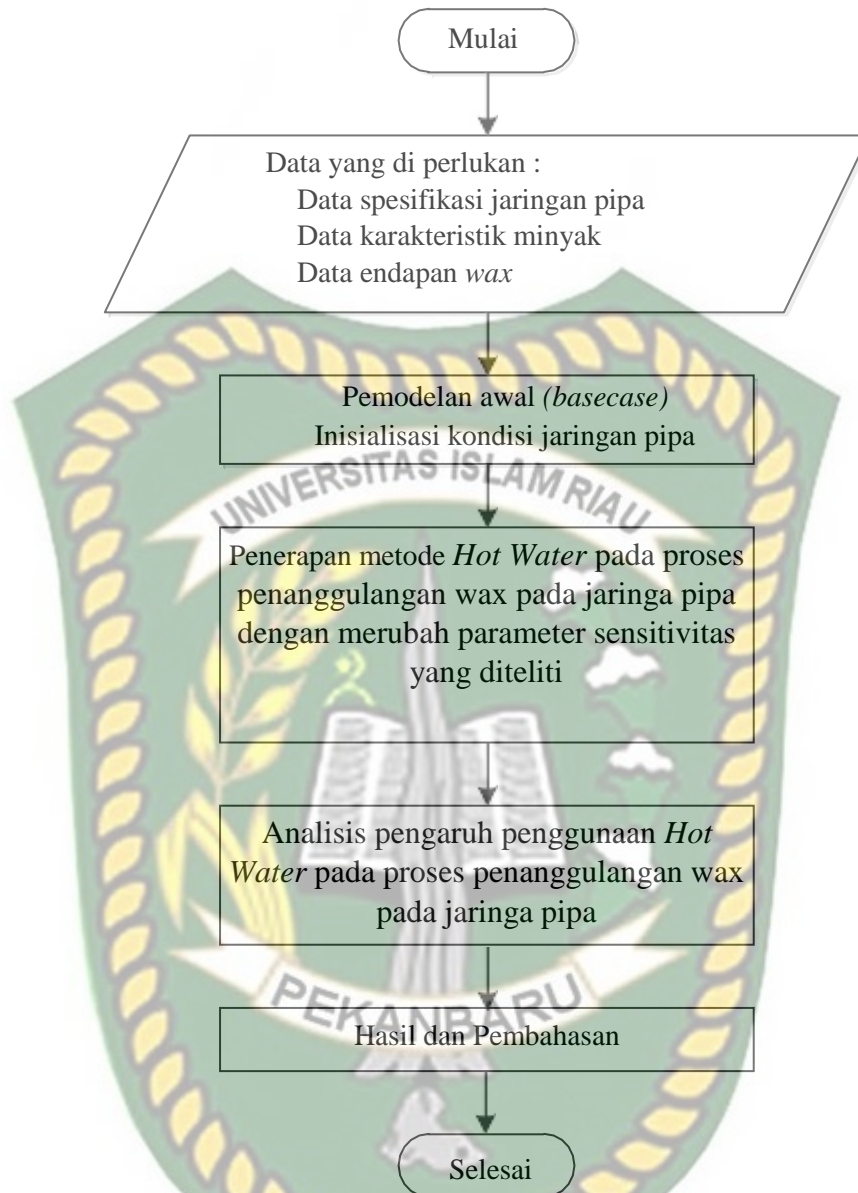
Dalam hal produksi, air panas digunakan bersama dengan injeksi air untuk menjaga tekanan dan suhu. Teknik ini juga dapat dikombinasikan dengan metode kimia untuk mencegah munculnya lilin di lubang sumur (Brook & Lovick, 2014). Pada jaringan pipa, air panas dapat dipompakan dan juga disirkulasikan ke dalam pipa dengan tujuan mengurangi endapan *wax* yang menempel pada dinding sumur (Siddig & Younis, 2010).

BAB III

METODELOGI PENELITIAN

3.1 METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode *simulation research*, data-data yang digunakan berupa data spesifikasi jaringan pipa dan data endapan wax yang berada dalam pipa. Setelah itu dilakukan pemodelan pekerjaan *hydraulic fracturing* menggunakan OLGA. OLGA merupakan simulator yang sudah digunakan selama beberapa dekade dalam lingkup *flow assurance*. Simulator ini merupakan simulator multiphase dinamis yang dapat digunakan untuk simulasi dengan kondisi aliran *transient* dan *steady state*. Simulator ini bisa memodelkan jaringan sumur, jaringan pipa serta sistem produksi dari *bottom hole* sumur (tanpa pemodelan spesifik pompa) hingga ke sistem produksi sebagai fungsi waktu dan lokasi sepanjang pipa (Giacchetta et al., 2019 & Huang et al., 2016).



Gambar 3. 1 Alur Penelitian (Flowchart)

3.2 PROSEDUR PENELITIAN

Adapun prosedur dalam penelitian ini dimulai dari pengumpulan data jaringan pipa, data kondisi endapan *wax* di dalam jaringan pipa dan kemudian dilanjutkan pembuatan model jaringan pipa pada software OLGA.

3.2.1 Data Masukan

Adapun data yang dibutuhkan dalam pembuatan model yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Karakteristik Minyak

No	Data	Keterangan
1.	Oil Gravity	36 °API
2.	Viscosity	0.45 cP
3.	Temperature	77 °C
4.	Pour Point	22 °C
5.	Wax Content	13.1 %

Tabel 3. 2 Data PVT

Carbon Number	Weight %	Carbon Number	Weight %
C-6	28.5	C-21	0.31
C-7	14.85	C-22	0.29
C-8	13.62	C-23	0.27
C-9	9.16	C-24	0.24
C-10	7.6	C-25	0.24
C-11	7.28	C-26	0.19
C-12	8.05	C-27	0.19
C-13	2.09	C-28	0.15
C-14	2.15	C-29	0.14
C-15	0.611	C-30	0.08
C-16	1.97	C-31	0.08
C-17	0.35	C-32	0.03
C-18	0.41	C-33	0.01
C-19	0.42	C-34	0
C-20	0.74	C-35	0

Simulasi model jaringan pipa deposit *wax* dalam studi ini hanya memiliki 2 *node*, *node* pertama diasumsikan sebagai *oil source (oil inlet)* dan *node* ke-2 sebagai *oil outlet*. *Oil inlet* digambarkan sebagai sumber asal fluida maupun titik

awal dimana fluida akan masuk dan mengalir kedalam jaringan pipa, sedangkan *oil outlet* sebagai titik akhir fluida mengalir. Dari titik awal pembacaan mengenai parameter karakteristik fluida maupun perilakunya akan terbaca pada simulator hingga titik akhir tempat fluida keluar atau titik *oil outlet*. Jaringan pipa yang disimulasikan memiliki panjang 16 km dengan diameter pipa 6 inch (Nwankwo et al., 2018).



Gambar 3. 2 Skematis model jaringan pipa menggunakan OLGA simulator (Theyab, 2017)

3.2.1 Sensitivitas Parameter

Pada penelitian ini dilakukan pengujian perubahan *temperature*, *rate* dan *pressure* air panas yang akan dipompakan ke dalam jaringan pipa. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap penanggulangan endapan *wax* pada jaringan pipa, apakah endapan *wax* berhasil didorong ataupun dibersihkan oleh air panas akan menjadi objektif pada penelitian ini. Pada tabel 3.4 berikut merupakan skenario pada penelitian ini.

Tabel 3. 3 Data Sensitivitas

Parameter	Value
<i>Temperature</i> (C)	70
	75
	80
<i>Time</i> (hours)	18
	24

3.3 RENCANA KEGIATAN

Pada table dibawah ini dapat dilihat rencana kegiatan yang dilakukan pada penelitian ini

Tabel 3. 4 Jadwal Kegiatan

No	Jenis Kegiatan	Tahun 2021 – 2022					
		Maret	April	Mei	Juni	juli	Agustus
1	Studi Literatur						
2	Pengumpulan Data						
3	Pembuatan Proposal						
4	Seminar Proposal						
5	Pengolahan data						
6	Pembahasan dan Kesimpulan						
7	Penyelesaian Tugas Akhir						

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 PENGUJIAN SKENARIO

Pada penelitian ini akan diuji beberapa skenario yang berkaitan dengan proses penanggulangan wax menggunakan *hot water*. Adapun parameter-parameter yang menjadi *output* dalam pengerjaan ini adalah, perubahan temperature pada *Injected fluid* dan kumulatif wax yang bisa dilarutkan, Adapun parameter *input* yang digunakan sebagai uji sensitivitas yaitu, *injected fluid temperature* dan *injection time*, Adapun total *hot water* yang diinjeksikan adalah sama dengan volume *pipeline* yaitu sebesar 7339,35 bbl. Penentuan parameter volume tersebut sangat penting agar hasil dari *running olga simulator* lebih jelas dan dapat melihat pengaruh dari parameter-parameter yang digunakan (Bell et al., 2021b). Setelah dilakukan simulasi pada *olga simulator* didapatkan beberapa skenario yang dapat dijadikan sebagai perbandingan dalam pemilihan skenario terbaik.

Tabel 4. 1 Skenario

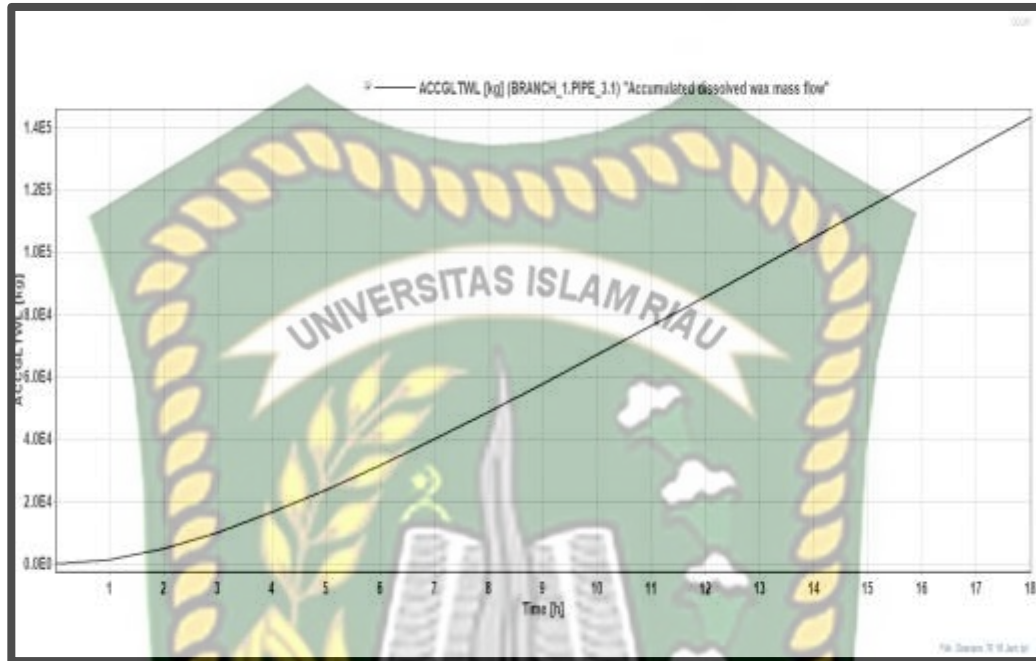
	Temperature Injeksi (C)			
		70	75	80
<i>Injection time (hours)</i>	18	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
	24	Skenario 4	Skenario 5	Skenario 6

4.1.1 Skenario 1

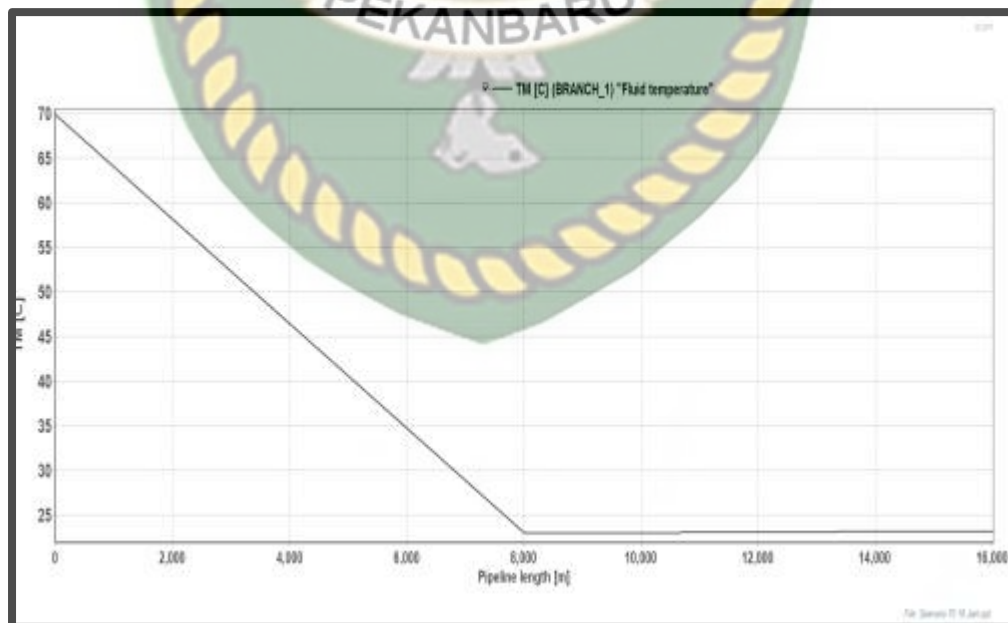
Model pertama yang akan dianalisis merupakan model Skenario 1 yang mana parameter yang digunakan adalah temperatur injeksi 70°C dengan *injection rates* sebesar 6,79 bpm dengan durasi injeksi selama 18 Jam.

Dari grafik 4.1 dapat kita lihat bahwa jika kita menggunakan temperatur injeksi 70°C dengan laju injeksi sebesar 6,79 bpm dengan durasi injeksi selama 18 Jam didapatkan jumlah wax yang terlarut hingga akhir simulasi sebesar 143159 Kg, dari grafik 4.2 dapat dilihat bahwa temperature yang awalnya 70°C terus turun secara signifikan, penurunan ini terus terjadi hingga jarak 8000 m yang

mana setelah mencapai jarak 8000 m temperature fluida injeksi akan stabil pada suhu 23.05 °C.



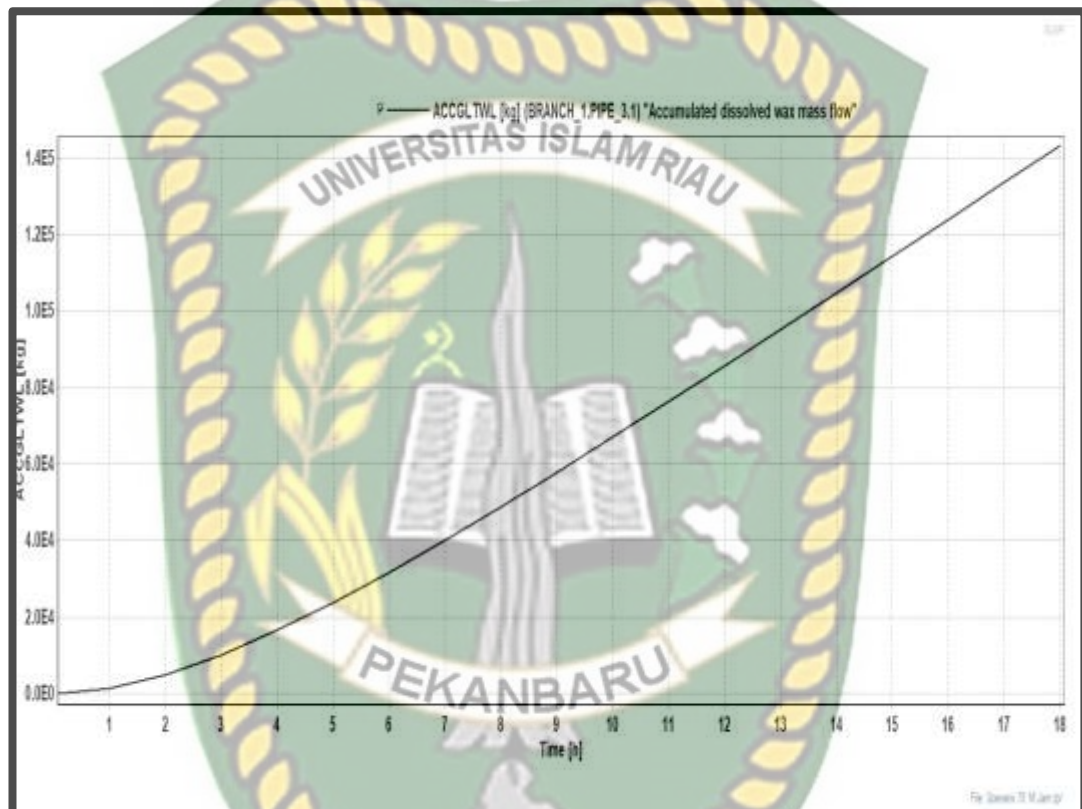
Gambar 4. 1 Grafik Trend Plot Kumulatif wax yang terlarut terhadap waktu pada skenario 1



Gambar 4. 2 Grafik Trend Plot Perubahan temperature fluida injeksi skenario 1.

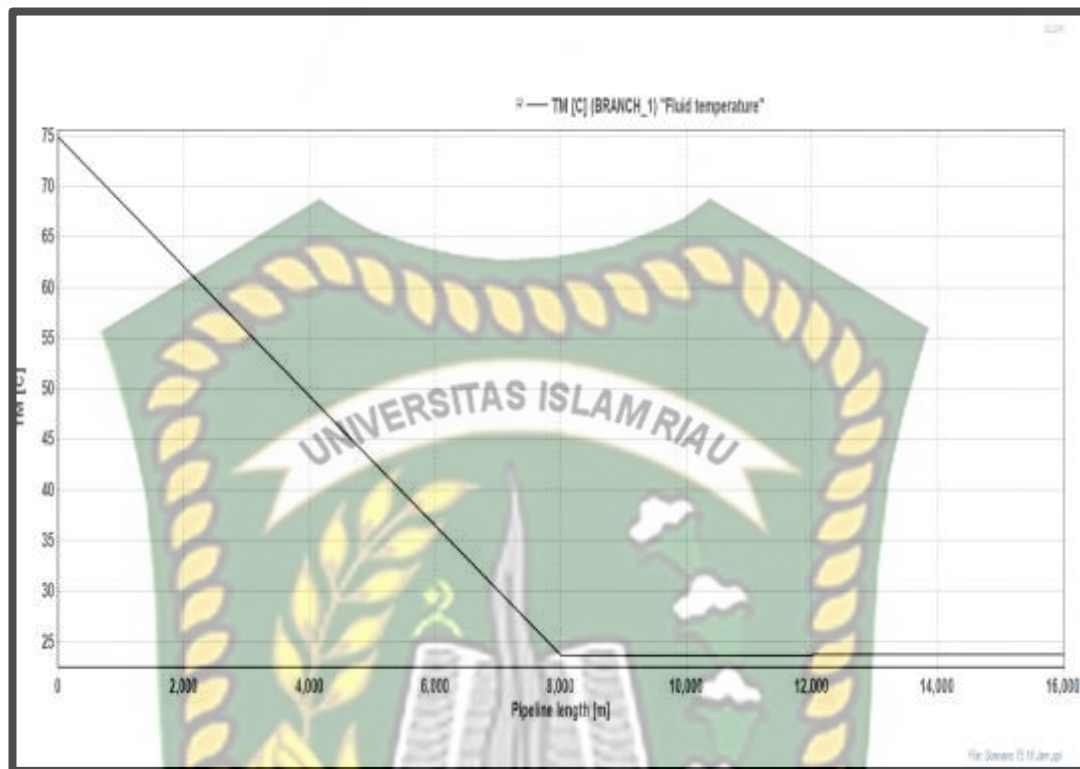
4.1.2 Skenario 2

Model pertama yang akan dianalisis merupakan model Skenario 2 yang mana parameter yang digunakan adalah temperatur injeksi 75°C dengan *injection rates* sebesar 6,79 bpm dengan durasi injeksi selama 18 Jam.



Gambar 4. 3 Grafik Trend Plot Kumulatif wax yang terlarut terhadap waktu pada skenario 2

Dari grafik 4.3 dapat kita lihat bahwa jika kita menggunakan temperatur injeksi 75°C dengan laju injeksi sebesar 6,79 bpm dengan durasi injeksi selama 18 Jam didapatkan jumlah wax yang terlarut hingga akhir simulasi sebesar 143179 Kg, dari grafik 4.4 dapat dilihat bahwa temperature yang awalnya 75°C terus turun secara signifikan, penurunan ini terus terjadi hingga jarak 8000 m yang mana setelah mencapai jarak 8000 m temperature fluida injeksi akan stabil pada suhu 23.63°C .

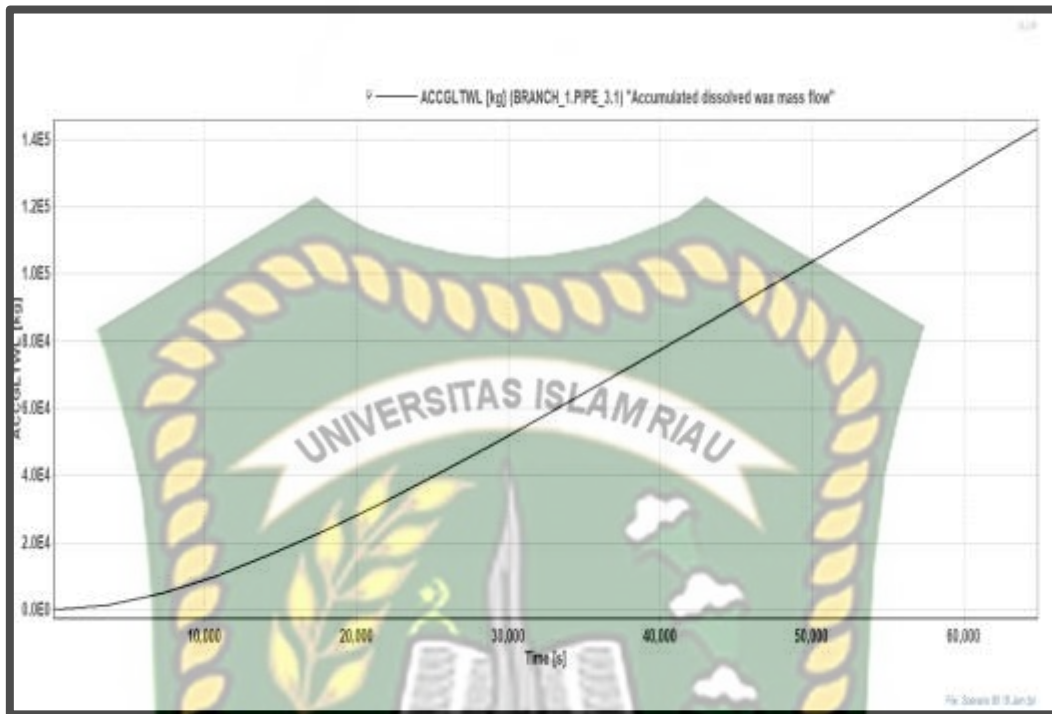


Gambar 4. 4 Grafik Trend Plot Perubahan temperature fluida injeksi skenario 2

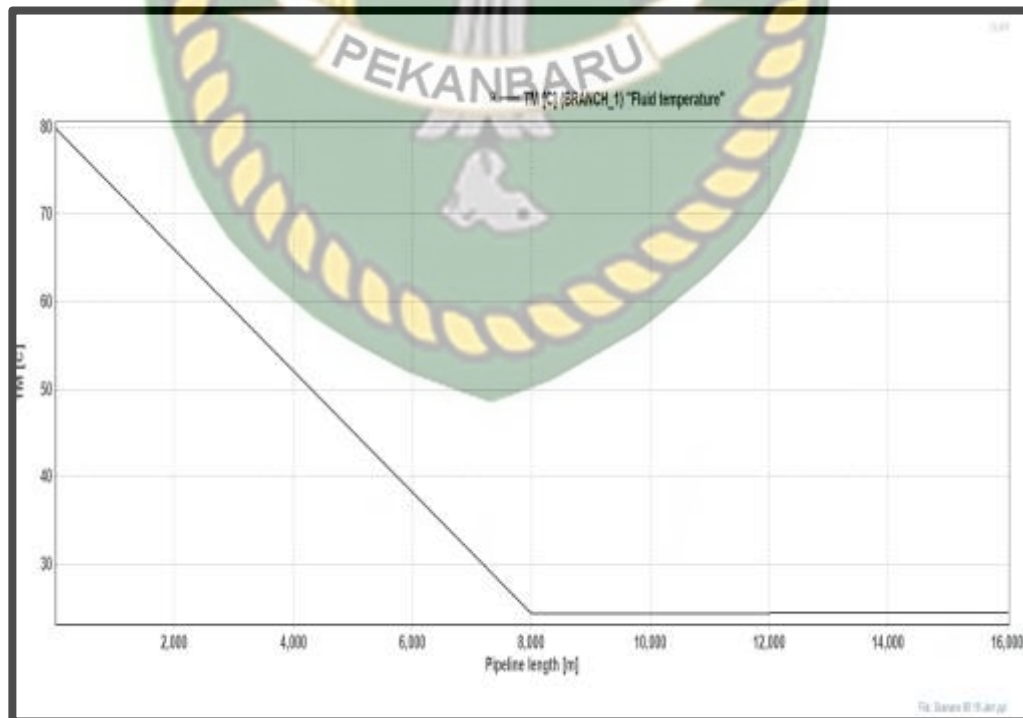
4.1.3 Skenario 3

Model pertama yang akan dianalisis merupakan model Skenario 3 yang mana parameter yang digunakan adalah temperature injeksi 80°C dengan *injection rates* sebesar 6,79 bpm dengan durasi injeksi selama 12 Jam.

Dari grafik 4.5 dapat kita lihat bahwa jika kita menggunakan temperatur injeksi 80°C dengan laju injeksi sebesar 6,79 bpm bbl/day dengan durasi injeksi selama 18 Jam didapatkan jumlah *wax* yang terlarut hingga akhir simulasi sebesar 143197 Kg, dari grafik 4.6 dapat dilihat bahwa temperature yang awalnya 80°C terus turun secara signifikan, penurunan ini terus terjadi hingga jarak 8000 m yang mana setelah mencapai jarak 8000 m temperature fluida injeksi akan stabil pada suhu 24.36°C .



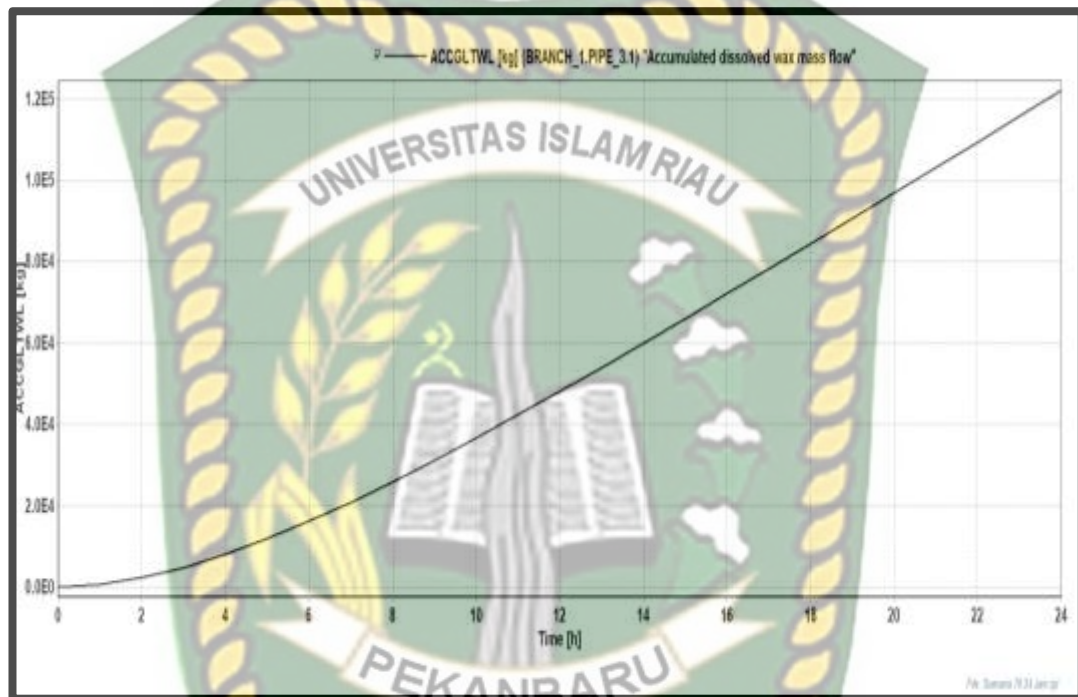
Gambar 4. 5 Grafik Trend Plot Kumulatif *wax* yang terlarut terhadap waktu pada skenario 3



Gambar 4. 6 Grafik Trend Plot Perubahan temperature fluida injeksi skenario 3

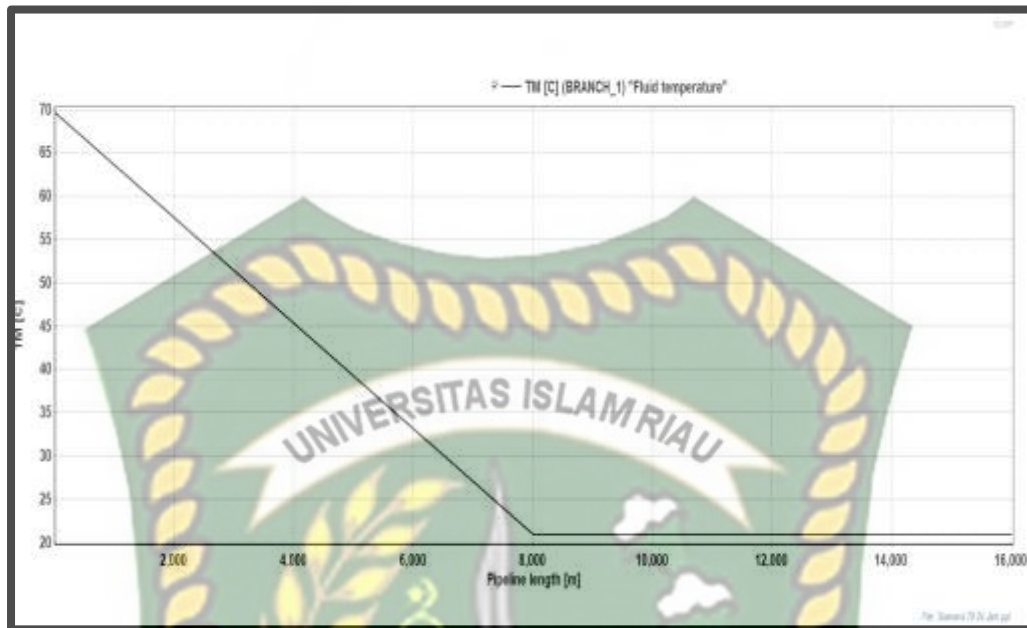
4.1.4 Skenario 4

Model pertama yang akan dianalisis merupakan model Skenario 4 yang mana parameter yang digunakan adalah temperatur injeksi 70°C dengan *injection rates* sebesar 5 bpm dengan durasi injeksi selama 24 Jam.



Gambar 4. 7 Grafik Trend Plot Kumulatif wax yang terlarut terhadap waktu pada skenario 4

Dari grafik 4.7 dapat kita lihat bahwa jika kita menggunakan temperatur injeksi 70°C dengan laju injeksi sebesar 5 bpm dengan durasi injeksi selama 24 Jam didapatkan jumlah wax yang terlarut hingga akhir simulasi sebesar 122047 Kg, dari grafik 4.8 dapat dilihat bahwa temperature yang awalnya 70°C terus turun secara signifikan, penurunan ini terus terjadi hingga jarak 8000 m yang mana setelah mencapai jarak 8000 m temperature fluida injeksi akan stabil pada suhu 20.92 °C.

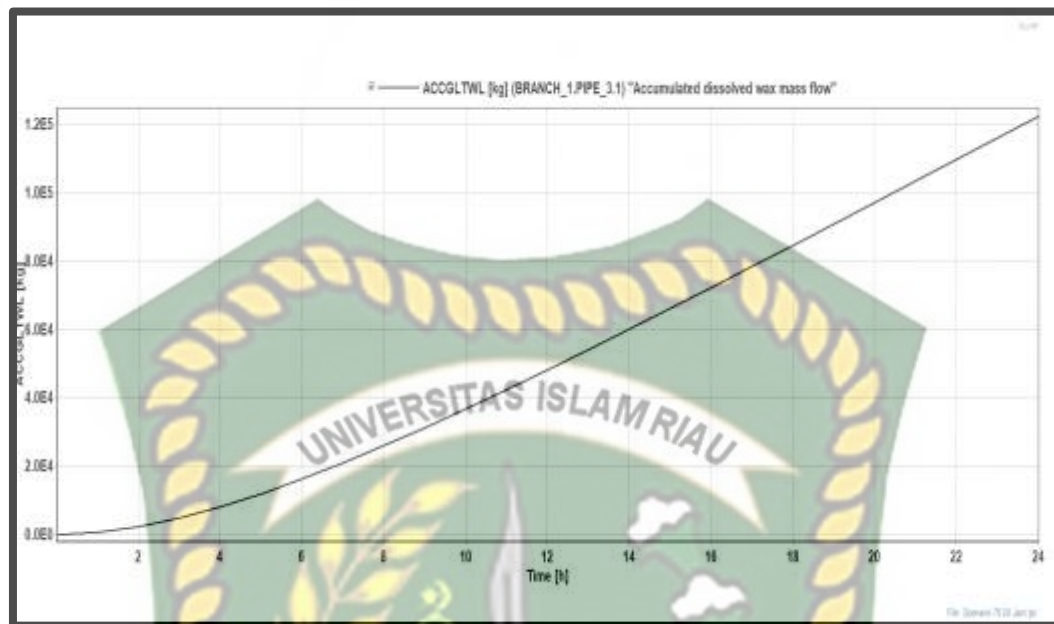


Gambar 4. 8 Grafik Trend Plot Perubahan temperature fluida injeksi skenario 4

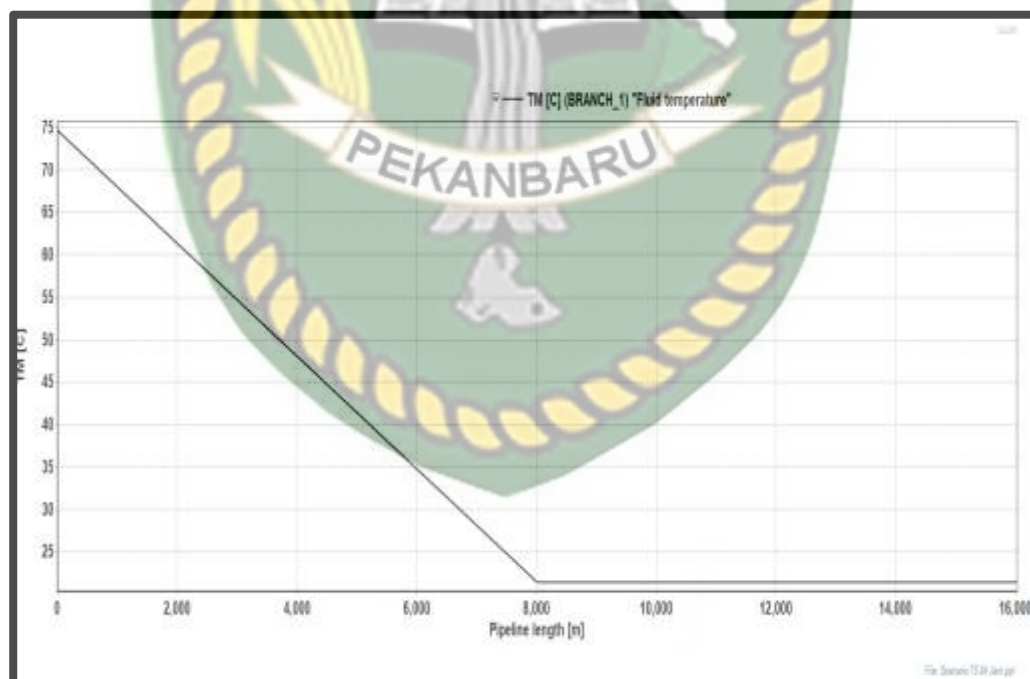
4.1.5 Skenario 5

Model pertama yang akan dianalisis merupakan model Skenario 5 yang mana parameter yang digunakan adalah temperature injeksi 75°C dengan *injection rates* sebesar 5 bpm dengan durasi injeksi selama 24 Jam.

Dari grafik 4.9 dapat kita lihat bahwa jika kita menggunakan temperatur injeksi 75°C dengan laju injeksi sebesar 5 bpm dengan durasi injeksi selama 24 Jam didapatkan jumlah *wax* yang terlarut hingga akhir simulasi sebesar 122343 Kg, dari grafik 4.10 dapat dilihat bahwa temperature yang awalnya 75°C terus turun secara signifikan, penurunan ini terus terjadi hingga jarak 8000 m yang mana setelah mencapai jarak 8000 m temperature fluida injeksi akan stabil pada suhu 21.39°C .



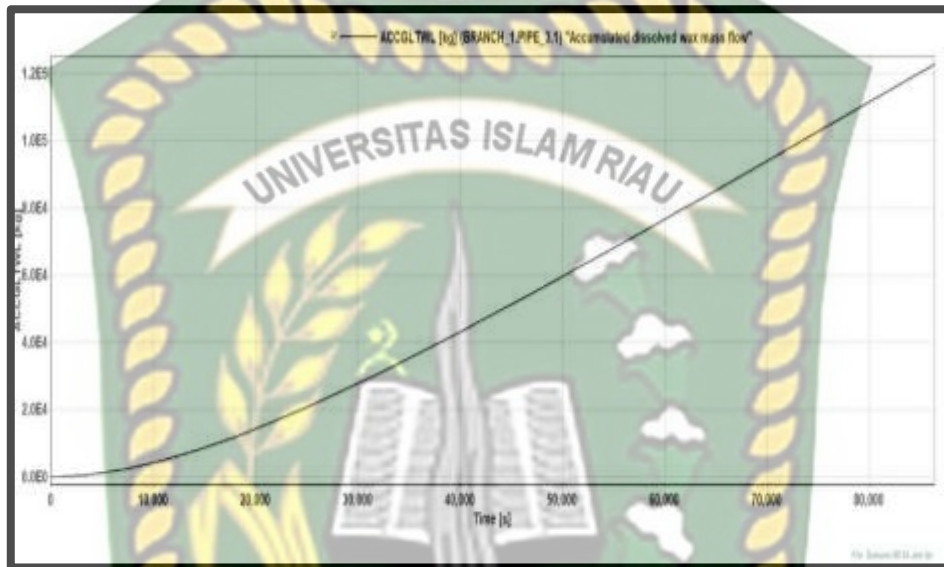
Gambar 4. 9 Grafik Trend Plot Kumulatif wax yang terlarut terhadap waktu pada skenario 5



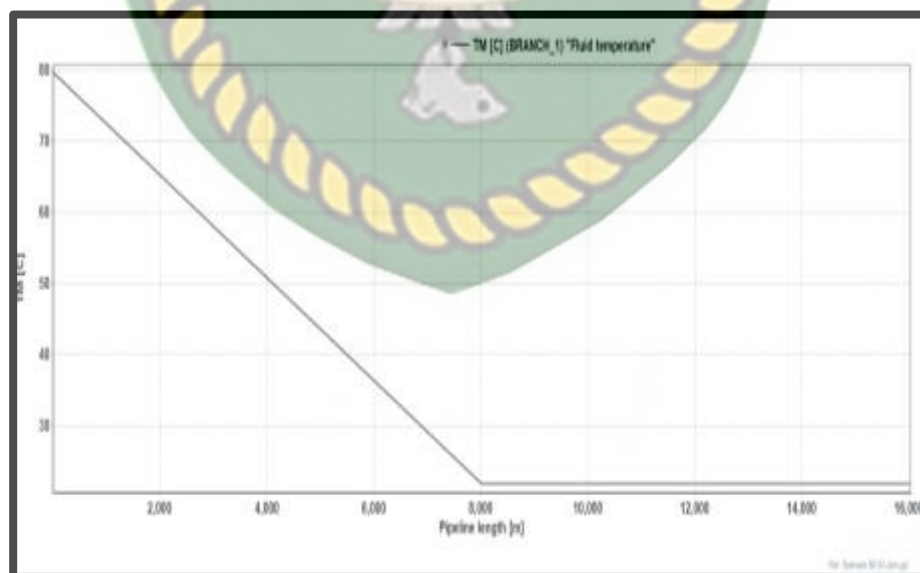
Gambar 4. 10 Grafik Trend Plot Perubahan temperature fluida injeksi skenario 5

4.1.6 Skenario 6

Model pertama yang akan dianalisis merupakan model Skenario 6 yang mana parameter yang digunakan adalah temperatur injeksi 80°C dengan *injection rates* sebesar 5 bpm dengan durasi injeksi selama 24 Jam.



Gambar 4. 11 Grafik Trend Plot Kumulatif *wax* yang terlarut terhadap waktu pada skenario 6



Gambar 4. 12 Grafik Trend Plot Perubahan temperature fluida injeksi skenario 6

Dari grafik 4.1 dapat kita lihat bahwa jika kita menggunakan temperatur injeksi 80°C dengan laju injeksi sebesar 5 bpm dengan durasi injeksi selama 24 Jam didapatkan jumlah *wax* yang terlarut hingga akhir simulasi sebesar 122707 Kg, dari grafik 4.2 dapat dilihat bahwa temperature yang awalnya 80°C terus turun secara signifikan, penurunan ini terus terjadi hingga jarak 8000 m yang mana setelah mencapai jarak 8000 m temperature fluida injeksi akan stabil pada suhu 21.89°C.

4.2 HASIL PERBANDINGAN SKENARIO

Hasil dari ke-6 skenario diatas dapat dilihat juga pada table 4.2 dibawah ini;

Tabel 4.2 Jumlah Wax terlarut pada masing-masing skenario

	Temperature Injeksi (C)			
		70	75	80
<i>Injection time</i> (hours)	18	143159 kg	143179 kg	143197 kg
	24	122047 kg	122343 kg	122707 kg

Berdasarkan table diatas dapat dilihat bahwa semakin besar temperature maka *wax* yang terlarut juga semakin banyak, hal tersebut dikarenakan dengan tingginya temperature dapat merubah kondisi *wax* yang menempel pada dinding pipa tersebut menjadi lebih ringan dan mudah didorong oleh *hot water* (Bell et al., 2021b). Selain itu juga dengan waktu injeksi yang lebih singkat juga *wax* lebih mudah terlarut karena ketika waktu injeksinya lebih singkat *heat loss* yang terjadi juga lebih kecil dibandingkan dengan waktu injeksi yang lebih lama, hal tersebut juga didukung dengan rate yang besar saat menginjeksi dengan waktu yang singkat (Nwankwo et al., 2018). Dari pengujian skenario yang dilakukan didapatkan skenario 3 merupakan skenario yang paling baik, yang mana dengan parameter temperatur injeksi 80 °C, *injection rates* sebesar 6,79 bpm dengan durasi injeksi selama 18 Jam, skenario ini dapat melarutkan *wax* sebesar 143197 Kg.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa;

1. Parameter temperature injeksi dan waktu injeksi *hot water* memiliki pengaruh terhadap keberhasilan penanggulangan permasalahan wax pada jaringan pipa. Penggunaan *hot water* dapat melarutkan wax yang menempel pada dinding pipa. Semakin besar temperature dan semakin singkat waktu inkesi memberikan hasil yang signifikan pada penanggulangan permasalahan wax.
2. Jumlah wax terlarut yang paling banyak diperoleh pada skenario 3, yaitu sebanyak 143197 kg. Pada kondisi tersebut temperature yang awalnya 80°C terus turun secara signifikan, penurunan ini terus terjadi hingga jarak 8000 m, setelah mencapai jarak 8000 m temperature fluida injeksi turun dan stabil pada temperatur 24.36°C.

5.2 SARAN

Berdasarkan penelitian ini, disarankan untuk peneliti selanjutnya untuk mencoba melakukan uji sensitivitas parameter yang lebih banyak dan bisa mencoba metode thermal heating yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, M., Ferizal, F. H., Husna, U. Z., & Pangaribuan, L. (2018). Possibility of wax control techniques in Indonesian oil fields. *AIP Conference Proceedings*, 1941(1), 20001.
- Abney, L. (2010). A new approach to flowline active heating. *SPE Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition*.
- Ahmed, T. (2018). *Reservoir engineering handbook*. Gulf professional publishing.
- Becker, J. R. (2000). Oilfield paraffin treatments: Hot oil and hot water compared to crystal modifiers. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*.
- Bell, E., Lu, Y., Daraboina, N., & Sarica, C. (2021a). Experimental Investigation of active heating in removal of wax deposits. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 200, 108346.
- Bell, E., Lu, Y., Daraboina, N., & Sarica, C. (2021b). Thermal methods in flow assurance: A review. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 88, 103798.
- Boswood, D. W., & Kreh, K. A. (2011). Fully miscible micellar acidizing solvents vs. xylene, the better paraffin solution. *SPE Production and Operations Symposium*.
- Brook, G., & Lovick, J. (2014). System Design and Flow Assurance Implications of Hydraulic Submersible Pumps for Artificial Lift. *SPE Annual Caspian Technical Conference and Exhibition*.
- Chi, Y., Daraboina, N., & Sarica, C. (2017). Effect of the flow field on the wax deposition and performance of wax inhibitors: cold finger and flow loop testing. *Energy & Fuels*, 31(5), 4915–4924.
- Diaz, P., & Theyab, M. (2017). An experimental and simulation study of wax deposition in hydrocarbon pipeline. *Global Journal of Engineering and Science and Researches*, 4(7), 85–98.
- El-Dalatony, M. M., Jeon, B.-H., Salama, E.-S., Eraky, M., Kim, W. B., Wang, J., & Ahn, T. (2019). Occurrence and characterization of paraffin wax formed in

- developing wells and pipelines. *Energies*, 12(6), 967.
- Giacchetta, G., Marchetti, B., Leporini, M., Terenzi, A., Dall'Acqua, D., Capece, L., & Grifoni, R. C. (2019). Pipeline wax deposition modeling: A sensitivity study on two commercial software. *Petroleum*, 5(2), 206–213.
- Giffary, F., Alimin, A. A., & Susanto, B. H. (2021). The blending effect of Sumatran crude oil on wax deposition through flow assurance simulation. *AIP Conference Proceedings*, 2376(1), 30003.
- Harrison, G. E., & Herring, D. G. (2000). Active heating, dual production flowlines design for king sub sea tie-back at 1670 meters water depth. *Proceedings of ETCE/OMAE 2000 Joint Conference, Paper No. OMAE*.
- Hidayat, F., & Abdurrahman, M. (2018). A prospective method to increase oil recovery in waxy-shallow reservoir. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 306(1), 12040.
- Huang, Z., Zheng, S., & Fogler, H. S. (2016). *Wax deposition: experimental characterizations, theoretical modeling, and field practices*.
- Kumar, V., McKenzie, T., Singh, R., Wenk, A., & Chandra, S. (2012). Innovative Well Completions Meet the Challenges of Producing High Wax Crude in a Giant Onshore Field in India. *IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition*.
- Marinho, T. O., de Souza, M. N., Barbato, C. N., & Khalil de Oliveira, M. C. (2015). Rheological and thermal behavior of water-waxy crude oil emulsions and model oil systems. *OTC Brasil*.
- McDermott, P., & Sathananthan, R. (2014). Active heating for life of field flow assurance. *Offshore Technology Conference*.
- Nwankwo, K. O., Chikwekwem, C. J., & Nwankwo, P. C. (2018). Simultaneous flow assurance and production optimization using chemical paraffin inhibition method. *SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition*.
- Sadafule, S., & Patil, K. D. (2014). Study on Effect of Insulation Design on Thermal-Hydraulic Analysis: An Important Aspect in Subsea Pipeline Designing. *Journal of Petroleum Engineering & Technology*, 4(1), 33–44.

- Siddig, M., & Younis, M. (2010). The effect of thermal and chemical treatments on the restart of the gn poc crude-oil pipeline (waxy crude). *Sudan Eng Soc J*, 56(11).
- Theyab, M. A. (2017). *Study Of Fluid Flow Assurance In Hydrocarbon Production–Investigation Wax Mechanisms*. London South Bank University.
- Theyab, M. A., & Yahya, S. Y. (2018). Introduction to wax deposition. *Int J Petrochem Res*, 2(1), 126–131.
- Thota, S. T., & Onyeonuna, C. C. (2016). Mitigation of wax in oil pipelines. *Int J Eng Res Rev*, 4(4), 39–47.
- Tian, Z., Jin, W., Wang, L., & Jin, Z. (2014). The study of temperature profile inside wax deposition layer of waxy crude oil in pipeline. *Frontiers in Heat and Mass Transfer (FHMT)*, 5(1).
- Venkatesan, R., & Creek, J. L. (2007). Wax deposition during production operations: SOTA. *Offshore Technology Conference*.