

**STUDI LABORATORIUM PENANGANAN WAX
DEPOSITE DI DALAM FLOWLINE MENGGUNAKAN
BAKTERI *BACILLUS CEREUS***

TUGAS AKHIR

Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

MUHAMMAD FARHANDIKA

NPM 153210002



PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2019

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :

Nama : Muhammad Farhandika
NPM : 153210002
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Skripsi : Studi Laboratorium Penanganan *Wax Deposite* Di Dalam *Flowline* Menggunakan Bakteri *Bacillus Cereus*

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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 I : Dr. Mursyidah, M.Sc (.....)
Penguji I : Novia Rita, ST.,MT (.....)
Penguji II : Idham Khalid, ST., MT (.....)
Ditetapkan di : Pekanbaru
Tanggal : 23 November 2019

Disahkan Oleh:



DEKAN
FAKULTAS TEKNIK

Ir. H. ABD. KUDUS ZAINI, MT.MS. Tr

KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN

Dr. ENG.MUSLIM, MT

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum di dalamnya 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 telah saya peroleh.



Pekanbaru, 23 November 2019



Muhammad Farhandika

NPM 153210002

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini disusun oleh :
Nama : Muhammad Farhandika
NPM : 153210002
Program Studi : Teknik Perminyakan
Judul Skripsi : Studi Laboratorium Penanganan *Wax Deposit*
di dalam *Flowline* Menggunakan Bakteri
Bacillus cereus

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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 : Dr. Mursyidah, M.Sc. ()
Penguji : Richa Melysa, ST, MT. ()
Penguji : Novia Rita, ST, MT. ()
Ditetapkan di : Pekanbaru
Tanggal : November 2019

Disahkan oleh:

DEKAN
FAKULTAS TEKNIK

KETUA PROGRAM STUDI
TEKNIK PERMINYAKAN

Ir. H. Abd. Kudus Zaini, M.T.

Dr. Eng. Muslim, M.T.

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya saya sendiri dan semua sumber yang tercantum di dalamnya 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 telah saya peroleh.



Pekanbaru, November 2019

Muhammad Farhandika
NPM 153210002

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. Dr. Mursyidah, M. Sc selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Dr. Eng Muslim selaku Ketua Prodi dan Novrianti, S.T., M.T. selaku Sekretaris Prodi sekaligus Pembimbing Akademik serta dosen-dosen yang sangat banyak membantu dengan kelancaran akademik.
3. Yeyet Satariah selaku Penanggung Jawab Ruang Bakteriologi UPT Laboratorium Kesehatan dan Lingkungan Provinsi Riau yang telah memberikan arahan serta ilmu dalam bidang bakteri.
4. Kedua Orang Tua saya Bapak Suharto dan Ibu Zariana, Kakak saya Adinda Ramadhanny Prihartini, S. Psi dan Adik saya Brigadir Muhammad Iqbal Nugraha.
5. Teman-teman seperjuangan yang telah memberikan semangat dan bantuan sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan perkuliahan ini.

Teriring doa saya, semoga Allah memberikan balasan atas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, November 2019

Muhammad Farhandika

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR SINGKATAN.....	ix
ABSTRAK	x
ABSTRACT	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN PENELITIAN	2
1.3 MANFAAT PENELITIAN	3
1.4 BATASAN MASALAH	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 PENGERTIAN WAX	4
2.3 PENGERTIAN BAKTERI.....	8
2.3.1 Faktor-Faktor Pertumbuhan Bakteri	8
2.3.2 <i>Strain</i>	Bakteri
.....	1
0	
2.3.3 Inkubasi Bakteri	10
2.3.4 Pewarnaan Gram Bakteri	10
2.3.5 <i>Suspense Buffer Phosphate Saline</i>	11
2.4 PERMASALAHAN YANG DISEBABKAN OLEH WAX ..	11
2.5 PENELITIAN SEBELUMNYA	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 URAIAN METODE PENELITIAN	13
3.2 ALUR PENELITIAN.....	14
3.3 ALAT, BAHAN DAN PROSEDUR	15

3.3.1	Alat	15
3.3.2	Bahan	21
3.3.3	Prosedur penelitian	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		23
4.1	HASIL INKUBASI BAKTERI	23
4.2	HASIL IDENTIFIKASI JENIS BAKTERI <i>BACILLUS CEREUS</i> MELALUI PEWARNAAN GRAM BAKTERI..	24
4.3	HASIL DEGRADASI.....	25
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		30
5.1	KESIMPULAN	30
5.2	SARAN.....	30
DAFTAR PUSTAKA		31



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses pembentukan <i>wax deposite</i> di dalam <i>flowline</i>	6
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Penelitian	4
Gambar 3.2	<i>Prototype</i> Penelitian	15
Gambar 3.3	Alumunium foil.....	15
Gambar 3.4	Timbangan Digital	16
Gambar 3.5	Gelas Ukur	16
Gambar 3.6	Isolasi	16
Gambar 3.7	Picnometer.....	17
Gambar 3.8	Kaca Objek.....	17
Gambar 3.9	Mikroskop	17
Gambar 3.10	<i>Alcohol burner</i>	18
Gambar 3.11	Okse	18
Gambar 3.12	Tabung Reaksi.....	18
Gambar 3.13	Inkubator	19
Gambar 3.14	<i>Petrie dish</i>	19
Gambar 3.15	<i>Stopwatch</i>	19
Gambar 3.16	<i>Water bath</i>	20
Gambar 3.17	<i>Heater electric</i>	20
Gambar 3.18	Thermometer alkohol.....	20
Gambar 4.1	Hasil foto kamera terhadap bakteri yang telah di inkubasi	23
Gambar 4.2	Bakteri <i>bacillus cereus</i> berbentuk batang berwarna ungu setelah dilakukan uji pewarnaan dilihat melalui mikroskop elektrik.....	24
Gambar 4.3	Membuat suspensi bakteri.....	25
Gambar 4.4	Bentuk fisik <i>wax</i> sebelum dilakukan <i>treatment</i>	26
Gambar 4.5	<i>Deposite wax</i> di dalam <i>prototype flowline</i>	28
Gambar 4.6	<i>Capture</i> menggunakan kamera bentuk fisik <i>wax</i> setelah dilakukan <i>treatment</i> menggunakan bakteri <i>bacillus cereus</i>	29

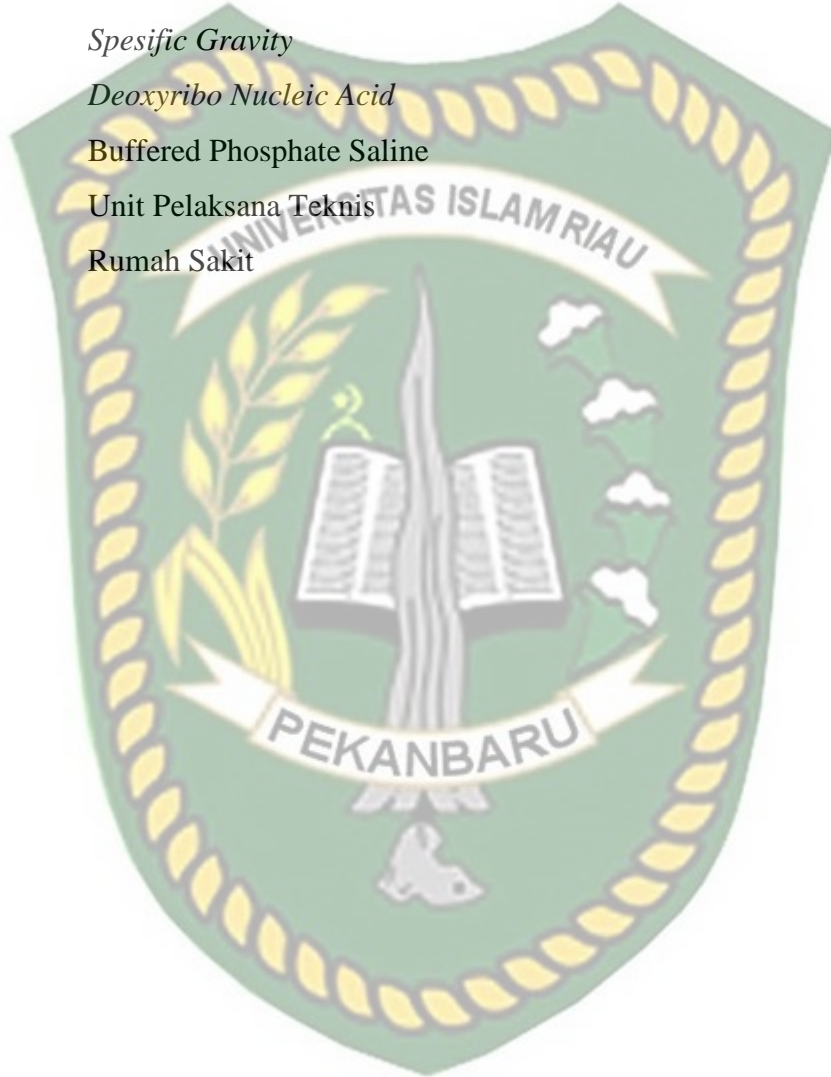
DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil uji <i>specific gravity</i> dan °API sebelum dan sesudah <i>treatment</i> menggunakan bakteri <i>bacillus cereus</i>26
Tabel 4.2	Hasil uji <i>pour point</i> dan <i>cold point</i> pada <i>wax</i> sebelum dan sesudah penanganan <i>wax</i> menggunakan bakteri <i>bacillus cereus</i>27
Tabel 4.3	Hasil uji laju alir <i>wax</i>28



DAFTAR SINGKATAN

WAT	<i>Wax Apparent Time</i>
pH	<i>Power of Hydrogen</i>
°API	<i>American Petroleum Institute</i>
SG	<i>Spesific Gravity</i>
DNA	<i>Deoxyribo Nucleic Acid</i>
BPS	Buffered Phosphate Saline
UPT	Unit Pelaksana Teknis
RS	Rumah Sakit



**STUDI LABORATORIUM PENANGANAN WAX DEPOSITE YANG
TERBENTUK DI DALAM FLOWLINE MENGGUNAKAN BAKTERI
BACILLUS CEREUS**

**MUHAMMAD FARHANDIKA
153210002**

ABSTRAK

Pengaliran fluida dari *wellhead* menuju *gathering station* pada lapangan minyak berat menjadi perhatian besar di industri migas. Karena minyak berat yang mengalir di dalam *flowline* biasanya mengandung *wax*. *Wax* akan mudah terbentuk pada dinding *flowline* sehingga mengganggu pada sistem transportasi fluida dari *wellhead* menuju ke *gathering station*. Jika semakin tebal endapan *wax* di dalam *flowline*, maka akan membuat aliran fluida di dalam *flowline* tersebut menjadi tersumbat.

Salah satu cara penanganan *wax* terdeposit di dalam *flowline* dapat menggunakan material mikrobiologi berupa bakteri. Apabila bakteri diinjeksikan ke dalam *flowline* ia akan mendegradasi komponen *wax* melalui proses pemutusan rantai panjang *wax*. Langkah pertama penelitian ini adalah mengamati kemampuan bibit (*strain*) bakteri untuk hidup dan berkembang di atas *light crude oil*. Langkah kedua adalah menguji kemampuan bakteri mendegradasi *wax* dengan cara menginjeksikan bakteri ke dalam *prototype flowline* yang terdeposit *wax* selama 7 hari.

Hasil pengamatan diperoleh bahwa bibit (*strain*) bakteri *bacillus cereus* telah dapat hidup dan berkembang di atas *light crude oil* ditandai dengan munculnya koloni bakteri. Selanjutnya hasil pengujian menggunakan *prototype flowline* di dapatkan hasil °API yang sebelumnya 34.0375 menjadi 35.5996, menandakan bahwa *wax* terdeposit telah menjadi lebih cair. Laju alir yang cair ini setelah di ukur menggunakan volume per waktu diperoleh 1 ml/detik. *Spesific gravity* sebelum degradasi 0.8548 menjadi 0.8464 mengindikasikan berat jenis *wax* turun. Nilai *pour point* sebelum degradasi 50°C menjadi 34°C, menandakan kemampuan *wax* setelah degradasi tetap menjadi fasa *liquid* di temperatur yang lebih rendah. *Cold point* sebelum degradasi 33°C, setelah degradasi menjadi 31°C. Menandakan bahwa bakteri *bacillus cereus* mampu menangani *wax* yang terbentuk di dalam *flowline*.

Kata kunci: *wax deposit, prototype flowline, strain, degradasi.*

**STUDY OF WAX DEPOSITE HANDLING LABORATORY FORMED IN
FLOWLINE USING BACILLUS CEREUS BACTERIA**

MUHAMMAD FARHANDIKA

153210002

ABSTRACT

Fluid flow from wells to collection stations in oil fields is a major concern in the oil and gas industry. Because heavy oil flowing in the ordinary flowline contains wax. Candles will be easily formed on the wall flow so that it disrupts the fluid transportation system from the wellhead to the collection station. If the wax is thicker in the flowline, it will make the fluid flow in the flowline becomes blocked.

One way to handle deposited wax in a flowline can be to use microbiological material in the form of bacteria. If the bacteria are injected into the flowline it will degrade the wax component by breaking the long chain wax. The first step of this research is to observe the ability of bacteria strains to live and thrive on light crude oil. The second step is to test the ability of bacteria to degrade wax by injecting bacteria into a prototype flowline that is deposited waxed for 7 days.

The observation was obtained that the seeds (strains) of bacillus cereus bacteria have been able to live and develop on light crude oil is characterized by the emergence of bacterial colonies. Furthermore, the results of testing using the prototype flowline obtained the results of the previous °API 34.0375 to 35.5996, indicating that the deposited wax has become more fluid. This liquid flow rate after measuring using volume per time obtained 1 ml / sec. The specific gravity before degradation of 0.8548 to 0.8464 indicates the density of the wax has decreased. The pour point value before 50°C degradation becomes 34°C, indicating the ability of wax after degradation remains liquid phase at lower temperatures. Cold point before degradation is 33°C, after degradation to 31°C. Indicates that the bacterium Bacillus cereus is able to handle the wax formed in the flowline.

Keywords: Wax deposite, prototypr flowline, strain, degradation.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pengaliran fluida (minyak, gas dan air) dari *wellhead* menuju ke *gathering station* merupakan salah satu hal terpenting dalam proses transportasi migas dan selalu menjadi tantangan dalam industri migas. Apabila terjadi permasalahan di *flowline*, akan mengambat dan menghentikan sistem produksi. *Wax* yang menempel di dinding *flowline* membentuk endapan pada dinding pipa, menyebabkan kesulitan dalam ekstraksi, serta masalah dalam mempertahankan kapasitas pipa untuk transportasi *crude oil* (Chouparova, E et al, 2004).

Salah satu penyebab yang menjadi permasalahan di *flowline* adalah *wax deposit*. Kedua jenis *wax*, *wax* dan mikrokrystalin, umumnya terjadi dalam *lubricating oil fractions* dari *crude oil* dan secara negatif mempengaruhi kualitas dari *crude oil*. *Crude oil* mengandung jumlah *wax* yang signifikan dalam kisaran 3–44% yang akan mengkristal dan mengendap selama ekstraksi dan transportasi, dan menyebabkan viskositas *crude oil* yang lebih tinggi dan nilai *pour point* yang lebih tinggi (Ajayi, 2013). Peningkatan nilai-nilai ini menghasilkan penurunan tekanan, gelasi, aliran yang lebih rendah, dan biaya pemompaan yang lebih tinggi (Mohammad Rehan, Abdul-Sattar Nizami, Osman Taylan, Basil Omar Al-Sasi, Ayhan Demirbas, 2016).

Suhu juga menjadi salah satu hal yang berpengaruh terhadap pembentukan *wax deposit*. Apabila *crude oil* yang mengandung *wax* berada pada suhu di bawah WAT (*wax apparent time*) maka *wax* akan *terdeposit* di dalam *flowline* (Yao B, Li C, Yang F, Zhang Y, Xiao Z, Sun G, 2016). Pada dasarnya, apabila *wax* berada di atas WAT, *crude oil* yang mengandung *wax* akan tetap dapat mengalir. Namun pada kenyataannya di lapangan, *temperature* yang berada dilapangan sering berada di bawah WAT karena terkontaminasi oleh suhu diluar *flowline*, sehingga menyebabkan terbentuknya *wax deposit* di dalam *flowline*.

Terdapat beberapa teknik konvensional untuk menangani permasalahan *wax deposit* di dalam *flowline*, seperti melakukan pembersihan secara mekanis menggunakan *pigging* (Weidong Li et al, 2019), menginjeksi *chemical* ke dalam

flowline (Al-Yaari, 2011), dan penanganan secara preventif dengan menjaga suhu di dalam *flowline* tetap di atas WAT dengan menggunakan *thermal insulation* (Kristin Falk et al, 2002). Namun penggunaan *pigging* dan *thermal insulation* memerlukan biaya yang mahal, dan penggunaan *chemical* mempengaruhi sistem keselamatan lingkungan (Aiyejina, A. et al, 2011). Selama dekade terakhir telah dikembangkan penanganan *wax deposite* kearah penggunaan bahan-bahan yang bersifat mikrobiologi. Ini didasarkan dari pengalaman peneliti sebelumnya (Jiang Hong Liu et al, 2015) yang telah menerapkan mikroba dalam penanganan *deposite* yang terdapat di *flowline* dengan menggunakan konsorsium mikroba.

Pada tugas akhir ini peneliti menggunakan bakteri jenis *bacillus cereus* karena *bacillus cereus* yang telah diketahui sebagai mikroba hidrokarbonoklastik yang dapat mendegradasi senyawa hidrokarbon dalam kondisi lingkungan non-salin (fluida yang tidak asin) dan beberapa sering ditemukan pada lingkungan dengan kondisi kadar salinitas (keasinan fluida) yang tinggi (Reza Auliarahman Bhaktinagara et al, 2015). Degradasi *wax* menggunakan bakteri telah memperoleh minat yang besar karena penanganan yang mudah, ramah lingkungan, keamanan operasional yang tinggi, toksisitas rendah, tidak mudah terbakar dan sifat mikroorganisme yang memiliki penyebaran yang luas (Gudina E.J, Pereira J.F.B., Costa R, Coutinho J.A.P, Teixeira J.A, Rodrigues L.R , 2013). Bakteri dapat menurunkan komponen berat pada *wax* melalui proses metabolisme atau enzimatik. Hal ini melalui pemutusan rantai panjang yang ada dalam *wax* menjadi rantai pendek dengan bantuan enzim, gen dan *bi product* yang disekresikan oleh bakteri, dan mengurangi berat molekul yang terdapat dari *crude oil* (N. Sakthipriya, Mukesh Doble, Jitendra S. Sangwai, 2015).

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menguji kemampuan hidup dan berkembang bibit (*strain*) bakteri *bacillus cereus* diatas *light crude oil*.
2. Menguji kemampuan bakteri *bacillus cereus* dalam menangani *wax deposite* pada *prototype flowline*.

1.3 MANFAAT PENELITIAN

Mengetahui metoda alternatif dalam penanganan *wax deposit* yang terdapat di dalam *flowline* selain menggunakan metoda konvensional seperti kimia, mekanis dan *thermal*.

1.4 BATASAN MASALAH

Agar penulisan ini tidak keluar dari tujuan yang diharapkan, batasan masalah yang akan dibahas adalah pemakaian bakteri dalam *prototype flowline* skala laboratorium dengan menggunakan temperatur lingkungan dan juga kajian ini dibatasi pada kajian laboratorium tidak di terapkan langsung di lapangan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang akan diangkat adalah kajian skala laboratorium penanganan *wax* deposit yang terbentuk di *prototype flowline* dengan menggunakan bakteri *bacillus cereus*. Deposit *wax* di fasilitas produksi dan saluran pipa adalah masalah yang menelan biaya miliaran dolar industri perminyakan di seluruh dunia setiap tahun. Deposit dapat menyumbat saluran pipa atau menyita peralatan, yang mengarah ke *downtime* yang mahal dan teknik remediasi yang mahal (O. O. Bello, S. O. Fasesan, C. Teodoriu, K. M. Reinicke, 2006).

Bakteri dapat menurunkan substrat *crude oil* melalui proses metabolisme atau enzimatik. Memutuskan *wax* rantai panjang yang ada dalam *crude oil* menjadi *wax* rantai pendek dengan bantuan enzim, gen dan *bi-product* yang disekresikan oleh bakteri, dan mengurangi berat molekul yang terdapat dari *crude oil* (N. Sakthipriya, Mukesh Doble, Jitendra S. Sangwai, 2015).

2.1 PENGERTIAN WAX

Crude oil adalah campuran hidrokarbon heterogen yang mengandung *wax*, aromatik, resin, dan asphaltenes. Rantai mulai dari $C_{18}H_{38}$ hingga $C_{55}H_{112}$ disebut *wax*, dan *crude oil* dengan lebih dari 50% komposisi *wax* disebut sebagai *waxy crude oil* (Chengyu Bai and Jinjun Zhang, 2013). *Wax* biasanya berbentuk padatan pada suhu ruangan, karena mengandung hidrokarbon *wax* linier dengan rantai karbon panjang (G.Ali Mansoori, H. Lindsey Barnes, Glenn M. Webster, 2003).

Wax crude oil terdiri dari dua jenis umum: (1) *wax paraffin* dalam destilasi *crude oil* dan (2) *wax microcrystalline* dalam residu *crude oil* (Speight, 2011). *Wax paraffin* sebagian besar ditemukan sebagai padatan putih, tidak berbau, tidak berasa, ber*wax*, dengan titik leleh antara sekitar 46 °C dan 68 °C (115 °F dan 154 °F) densitas sekitar 900, tidak larut dalam air, tetapi larut dalam eter, benzena, dan ester tertentu. *Wax paraffin* sering digolongkan sebagai bahan kimia yang stabil karena tidak terpengaruh oleh pereaksi kimia. *Wax microcrystalline* adalah jenis *wax* yang diproduksi oleh *de-oiling petrolatum*, sebagai bagian dari proses

pemurnian *crude oil*. Berbeda dengan *wax paraffin* yang lebih dikenal mengandung alkana tak bercabang, *wax microcrystalline* mengandung persentase lebih tinggi dari iso-*wax* (bercabang) dan hidrokarbon naftena. Hal ini ditandai dengan kehalusan kristalnya yang kontras dengan kristal *wax paraffin* yang lebih besar. *Wax microcrystalline* terdiri dari hidrokarbon alifatik jenuh dengan berat molekul tinggi. Umumnya lebih gelap, lebih kental, lebih padat, lebih lengket, dan lebih elastis daripada *wax paraffin*, dan memiliki berat molekul dan titik lebur yang lebih tinggi. Karakteristik elastis dan perekat dari *wax microcrystalline* terkait dengan komponen non-rantai lurus yang dikandungnya. Struktur kristal *wax microcrystalline* yang khas kecil dan tipis, membuatnya lebih fleksibel daripada *wax paraffin* (Speight., 2015).

1.1.1 Komposisi Wax

Wax di dalam *crude oil* ada dalam berbagai fase (gas, cair, atau padat) tergantung pada tekanan dan suhu (Meagan White, Kelly Pierce & Tathagata Acharya, 2017). Hal ini terdiri dari *wax* hidrokarbon (dikenal sebagai *wax paraffin*) dan hidrokarbon naftena (dikenal sebagai *wax iso-wax*). *Wax paraffin* memiliki densitas $\sim 900 \text{ kg/m}^3$ dan kapasitas panasnya $\sim 2.14\text{-}2.9 \text{ J.g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, dan juga dikenal sebagai *wax macrocrystallin* (B.T. Ellison, C.T. Gallagher, S.E. Lorimer., 2000). Di sisi lain, *wax iso-wax*, yang diproduksi selama proses penyulingan *crude oil*, diidentifikasi sebagai *wax microcrystalline*. Iso-paraffin *wax* memiliki karakteristik pembakaran mesin yang lebih baik karena tingginya nilai titik leleh dan berat molekul (Speight J. , 2014). Struktur kristal *wax microcrystalline* lebih kecil dan lebih tipis daripada *wax macrocrystalline*, membuatnya lebih fleksibel. *Wax macrocrystalline* dan *microcrystalline* memiliki sifat fungsional yang berbeda (termasuk viskositas dan titik lebur) karena perbedaan kandungan hidrokarbonnya (linier atau bercabang) (Marwa M. El-Dalaton et al, 2019).

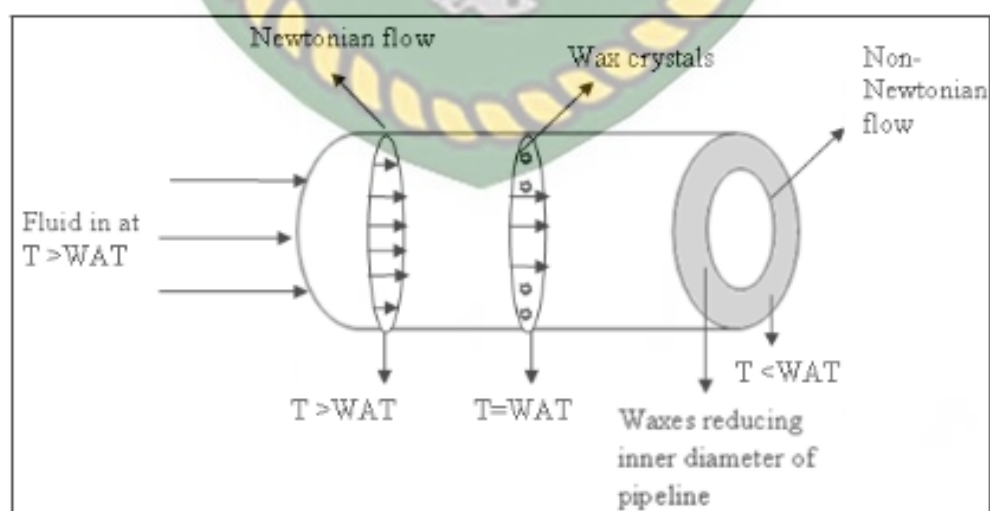
1.1.2 Wax Deposition

Wax deposite adalah fase pembentukan dan pertumbuhan lapisan *wax* padat pada permukaan pipa oleh *wax* yang terkandung pada *crude oil*. *Wax deposite* terbentuk dari molekul *wax* terlarut melalui difusi molekuler (Z. Huang,

S. Zheng, H.S Fogler, 2016). *Wax deposit* dalam pipa hanya dapat terjadi ketika suhu dinding pipa bagian dalam di bawah suhu terbentuknya *wax* (WAT). Selama kondisi dingin yang normal, dinding pipa bagian dalam memiliki suhu yang lebih rendah dibandingkan dengan *crude oil* di dalamnya. Oleh karena itu, tingkat presipitasi (proses reaksi terbentuknya padatan) senyawa *wax* umumnya lebih besar di *deposit wax* pada dinding bagian dalam pipa daripada yang terdapat di dalam *crude oil*, namun komponen *wax* terlarut lebih besar dalam *crude oil* daripada di dinding pipa bagian dalam. Fenomena tersebut menciptakan gradien dalam konsentrasi radial komponen *wax* antara *crude oil* dan dinding pipa (Theyab, 2018). Gradien konsentrasi menyebabkan difusi (peristiwa mengalirnya/berpindahannya suatu zat dalam pelarut dari bagian berkonsentrasi tinggi ke bagian yang berkonsentrasi rendah) senyawa *wax* dari *crude oil* ke arah dinding (Z. Huang, S. Zheng, H.S Fogler, 2016).

1.1.3 Proses Pembentukan *Wax Deposit* di Dalam *Flowline*

Gambar dibawah ini menunjukkan mekanisme pembentukan *wax deposit* dalam pipa. Umumnya, pada kondisi tekanan tinggi dan suhu tinggi di reservoir, *wax* yang ada dalam *crude oil* tetap dalam kesetimbangan dengan hidrokarbon di sekitarnya, dan berperilaku sebagai cairan newtonian. Kelarutan *wax* dalam *crude oil* berkurang dengan penurunan suhu dan *wax deposit* terbentuk ketika suhu dinding pipa lebih rendah dari suhu pembentukan *wax* (WAT) (N. Sakthipriya, Mukesh Doble & Jitendra S. Sangwai, 2017)



Gambar 2.1 Proses pembentukan *wax deposit* di dalam *flowline* (N. Sakthipriya, Mukesh Doble, Jitendra S. Sangwai, 2017)

2.2 FAKTOR PEMBENTUK WAX DEPOSITE

2.2.1 Suhu

Suhu memainkan peran penting dalam produksi dan transportasi *crude oil* yang mengandung *wax* (C12-C35), komponen *wax* yang memiliki afinitas pada dinding pipa, diendapkan. (Qing Quan, Jing Gong, Wei Wang & Ge Gao, 2015). Kelarutan *wax* menurun dengan menurunnya suhu dan sebaliknya. *Wax* mengendap dari aliran *crude oil* di dalam pipa ketika suhu operasi pada atau di bawah WAT. Suhu sekitar pipa umumnya lebih kecil dari suhu *crude oil* di pipa karena ada gradien suhu antara dinding pipa yang lebih dingin dari *crude oil*. Gradien suhu ini mengarah ke deposisi *wax* ketika suhu dinding pipa turun di bawah *cloud point* (Surya Tejasvi Thota et al, 2016).

2.2.2 Jenis Kandungan Crude Oil

Kandungan *crude oil* adalah salah satu faktor potensial yang mempengaruhi deposisi *wax* secara signifikan mempengaruhi penurunan viskositas dan *pour point* (Theyab, 2018). *Crude oil* terdiri dari *Saturate*, *Aromatics*, Resin, dan *Asphaltenes* (SARA). SARA menentukan kerentanan *crude oil* terhadap pengendapan padatan *wax*, dan stabilitas dari *crude oil*. Diketahui bahwa aromatik berfungsi sebagai pelarut untuk saturasi berat molekul tinggi, yang merupakan sumber *wax* dalam *crude oil* sementara komponen polar, terutama *asphaltenes*, menginduksi nukleasi *wax* (Surya Tejasvi Thota et al, 2016).

2.2.3 Tekanan

Tekanan merupakan salah satu parameter utama dalam eksploitasi cairan reservoir, memainkan peran penting dalam presipitasi dan pengendapan *wax*. Tekanan membantu mengurangi deposit *wax* karena meningkatkan kelarutan *wax* dalam *crude oil* (Theyab, 2018).

2.2.4 Flow Rate

Dalam aliran laminar, *wax deposite* meningkat dengan laju aliran menurun. Ini dijelaskan dengan ketersediaan lebih banyak partikel untuk pengendapan di permukaan. Ketika laju aliran meningkat menjadi turbulen,

deposisi *wax* berkurang karena *shear dispersion* meningkat. Dengan demikian, *wax deposit* secara bertahap berkurang karena turbulensi dan laju aliran meningkat. Oleh karena itu, meningkatkan laju aliran menyebabkan pemecahan kristal *wax* menjadi partikel yang lebih kecil, mengurangi laju pengendapan *wax* dan mencegahnya dengan meminimalkan adhesi *wax* ke dinding pipa (Theyab, 2018).

2.3 PENGERTIAN BAKTERI

Bakteri adalah mikroba prokariotik yang uniseluler dan berkembangbiak dengan cara aseksual dengan pembelahan sel. Bakteri tidak berklorofil namun ada yang bersifat fotosintetik, kemudian bakteri hidup secara bebas, parasit, saprofit, sebagai patogen pada manusia, hewan dan tumbuhan. Habitatnya terdapat dimana-mana misalnya di alam, tanah, laut, atmosfer dan di dalam lumpur. Bentuk tubuhnya ada yang bulat, spiral dan batang. Selain itu bakteri merupakan struktur sel yang tidak mempunyai membran inti sedangkan komponen genetiknya terdapat di dalam molekul DNA tunggal yang terdapat di dalam sitoplasma. Ukuran sel-sel bakteri sangat bervariasi tergantung masing-masing spesiesnya, namun pada umumnya $0,5-1,0 \times 2,0-5 \mu\text{m}$. Hal tersebut sama halnya I dengan 10.000 bakteri yang panjang selnya $1 \mu\text{m}$ dari satu ujung ke ujung lainnya (Ali, 2005)

2.3.1 Faktor-Faktor Pertumbuhan Bakteri

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri adalah faktor zat gizi, keasaman makanan (pH), suhu, dan kelembaban.

1. Faktor zat makanan dan nutrisi yang terdapat di *wax*.

Menurut (Wibowo, 2012) Semua bentuk kehidupan mempunyai persamaan dalam hal persyaratan nutrisi berupa zat-zat kimiawi yang diperlukan untuk pertumbuhan dan aktivitas lainnya. Nutrisi bagi pertumbuhan bakteri, seperti halnya nutrisi untuk organisme lain mempunyai kebutuhan akan sumber nutrisi, yaitu: Bakteri yang membutuhkan sumber energi yang berasal dari energi cahaya (fototrof) dan senyawa kimia (kemotrof). Bakteri membutuhkan sumber karbon berupa karbon anorganik (karbon dioksida) dan karbon organik (seperti karbohidrat). Bakteri membutuhkan sumber nitrogen dalam bentuk garam nitrogen anorganik (seperti kalium nitrat) dan nitrogen organik (berupa protein

dan asam amino). Bakteri membutuhkan beberapa unsur logam (seperti kalium, natrium, magnesium, besi, tembaga). Bakteri membutuhkan air untuk fungsi fungsi metabolik dan pertumbuhannya.

2. Keasaman *wax* sebelum degradasi (pH *wax*)

pH medium biakan juga mempengaruhi kecepatan pertumbuhan, untuk pertumbuhan bakteri juga terdapat rentang pH dan pH optimal. Pada bakteri patogen pH optimalnya 7,2 7,6. Meskipun medium pada awalnya dikondisikan dengan pH yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tetapi, secara bertahap besarnya pertumbuhan akan dibatasi oleh produk metabolit yang dihasilkan mikroorganisme tersebut (Wibowo, 2012) Bakteri memiliki mekanisme yang sangat efektif untuk memelihara kontrol regulasi pH sitoplasmanya (pHi). Pada sejumlah bakteri, pH berbeda dengan 0,1 unit per perubahan pH pada pH eksternal. Hal ini disebabkan kontrol aktivitas sistem transpor ion yang mempermudah masuknya proton. Berbagai macam sistem yang mencerminkan luas rentang nilai pHi diperlihatkan oleh berbagai bakteri. Asidofil memiliki nilai rentang pHi 6,5- 7,0; neutrofil memiliki nilai rentang pHi 7,5 - 8,0, dan alkalofil memiliki nilai rentang pHi 8,4 9,0. Mikroorganisme fermentatif memperlihatkan rentang nilai pHi yang lebih tinggi dibandingkan dengan mikroorganisme yang menggunakan jalur respirasi. Pada mikroorganisme fermentatif produksi produk fermentatif yang bersifat asam dan akumulasinya mengakibatkan gangguan keseimbangan pH dan pembatasan pertumbuhan (Wibowo, 2012).

3. Suhu *wax*

Setiap bakteri memiliki temperatur optimal dimana mereka dapat tumbuh sangat cepat dan memiliki rentang temperatur dimana mereka dapat tumbuh. Pembelahan sel sangat sensitif terhadap efek kerusakan yang disebabkan temperatur bentuk yang besar dan aneh dapat diamati pada pertumbuhan kultur pada temperatur yang lebih tinggi dari temperatur yang mendukung tingkat pertumbuhan yang sangat cepat (Wibowo, 2012).

4. Kelembaban *wax*

Konsentrasi larutan yang aktif secara osmotik di dalam sel bakteri, umumnya lebih tinggi dari konsentrasi di luar sel. Sebagian besar bakteri, kecuali pada Mycoplasma dan bakteri yang mengalami kerusakan dinding selnya, tidak

toleran terhadap perubahan osmotik dan akan mengembangkan sistem transpor kompleks dan alat pengatur sensor-osmotik untuk memelihara keadaan osmotik konstat dalam sel (Wibowo, 2012).

2.3.2 *Strain* Bakteri

Kumpulan spesies bakteri terdiri dari *strain-strain* yang saling berhubungan tetapi berbeda organisme, kadang-kadang disebut sebagai "cluster". Dalam setiap kumpulan spesies atau "cluster", suatu *strain* dipilih secara acak untuk menjadi wakil terbaik dari spesies tersebut. *Strain* ini disebut biotipe (atau biovar) dari spesies, dan sesudah itu sifatnya digunakan untuk menggambarkan spesies tersebut. *Strain* biotipe digunakan sebagai *strain* referensi (Kusnadi, Peristiwa, Ammi Syulamsi, Widi Purwianingsih & Diana Rochintaniawati, 2003).

2.3.3 Inkubasi Bakteri

Tindakan pemeliharaan kondisi lingkungan (melalui media inkubator) yang bertujuan memfasilitasi pertumbuhan dan perkembangan kultur mikroorganisme atau sel sehingga tidak terinfeksi dengan lingkungan sekitar (Segen, 2002).

2.3.4 Pewarnaan Gram Bakteri

Gram positif dan gram negatif adalah dua perbedaan yang ditemukan pada bakteri, yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan bakteri. Diferensiasinya didasarkan pada ketebalan lapisan peptidoglikan, yang ditemukan di dinding sel. Peptidoglikan ditemukan dalam bakteri gram positif dan gram negatif. Ini memberikan dukungan mekanis dan bentuk karakteristik untuk bakteri. Lapisan bakteri gram positif peptidoglikan dapat berlapis-lapis. Sedangkan untuk bakteri gram negative hanya sebuah monolayer. Karena ketebalan lapisan peptidoglikan, bakteri gram positif mampu mempertahankan pewarnaan gram kristal violet di dalam dinding sel. Oleh karena itu, mereka dapat divisualisasikan di bawah mikroskop dalam warna ungu. Namun, bakteri gram negatif tidak dapat mempertahankan pewarnaan gram dan mereka dapat ternoda oleh pewarna counter safranin. Di sisi lain, bakteri gram negatif mengandung membran luar, yang memberikan resistensi antibiotic untuk bakteri. Ketika sel bakteri yang terdapat pada kaca objek ditambahkan dengan pewarna kristal violet yang

bewarna ungu, maka sel bakteri akan menyerap pewarna tersebut. Interaksi antara sel bakteri dengan kristal violet akan semakin kuat dengan ditambahkan lugol. Ketika dicuci dengan alkohol, bakteri gram positif akan tetap mengikat kompleks kristal violet-lugol sehingga menjadi bewarna ungu. Sedangkan bakteri gram negatif akan kehilangan kompleks kristal violet lugol karena lapisan peptidoglikan pada bakteri gram negatif lebih tipis sehingga menjadi tidak bewarna. Ketika ditambahkan dengan safranin yang bewarna merah maka bakteri gram negatif akan menyerapnya sedangkan bakteri gram positif tidak akan menyerap pewarna lagi (Panawala, 2017).

2.3.5 *Suspense Buffer Phosphate Saline*

Saline fosfat-buffered (disingkat PBS) adalah larutan buffer yang biasa digunakan dalam penelitian biologi. Larutan garam berbasis air yang mengandung disodium hidrogen fosfat, natrium klorida dan dalam beberapa formulasi, kalium klorida dan kalium dihidrogen fosfat. Buffer membantu menjaga pH konstan (MC Morris, J Depollier, J Mery, F Heitz, 2001).

2.4 PERMASALAHAN YANG DISEBABKAN OLEH WAX

Deposit *wax* di dalam pipa membuat area aliran yang lebih kecil seiring berjalannya waktu, yang mempengaruhi kapasitas transportasi dan keselamatan operasi pipa. Selama transportasi, lapisan sedimen *wax* memiliki dua peran: pertama, lapisan sedimen membuat tahanan termal lebih tinggi, yang mengurangi kehilangan panas *crude oil* dalam pipa ketika mengalir hal tersebut membuat bagian dalam pipa yang terselubung dengan *wax* tidak terkontaminasi dengan kondisi temperatur di luar pipa; kedua, lapisan sedimen membuat area aliran lebih kecil akibat dari menumpuknya deposit *wax* di dalam pipa, yang meningkatkan resistensi aliran, menyebabkan naiknya tekanan transportasi akibat diameter pipa mengecil akibat deposit *wax* dan menyebabkan penurunan kapasitas transportasi karena laju alir menurun akibat mengecilnya diameter dalam pipa sebagai media untuk mengalirkan *crude oil* (Zhang Guozhong et al, 2010).

2.5 PENELITIAN SEBELUMNYA

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Jiang Hong Liu, Yun Peng Jia, Yi Tong Chen & Rui Dan Xu , 2013) untuk pencegahan dan penanganan endapan

wax di dinding pipa menggunakan mikroba. Dua *strain* bakteri, *strain* penghilang paraffin dan *strain* penghasil biosurfaktan, bernama BHJ-1 dan QFL-1, diisolasi dari sumur produksi minyak di Daqing ladang minyak Cina. Mereka kemudian diidentifikasi sebagai *bacillus cereus* QAU68 dan *bacillus subtilis* XCCX. Sebagai indikator degradasi *wax*, konsentrasi inokulum BHJ-1 dan QFL-1 ditambahkan dalam proporsi berbeda.

Dalam penelitian ini, dilakukan *mixing* antara bakteri *Bacillus cereus* dengan *Bacillus subtilis* dalam mendegradasi paraffin deposit di dalam pipa. Menurut hasil perbandingan penelitian yang dilakukan antara penanganan yang hanya menggunakan *bacillus cereus* dengan penanganan menggunakan campuran *bacillus cereus* dan *bacillus subtilis* dengan variasi proporsi, didapatkan hasil yang lebih optimal ketika ditreatment secara *mixing*.

Sebagai indikator degradasi *wax*, BHJ-1 dan QFL-1 ditambahkan dalam proporsi yang berbeda. Proporsi antara konsentrasi inokulum BHJ-1 dan konsentrasi inokulum QFL-1 dipilih sebagai 1:1, 2:1, 3:1, 3:2, 4:1, 4:3, 5:1, 5:2, 5:3 dan 5:4. Optimal proporsi BHJ-1 dan QFL-1 adalah 5:2, tingkat degradasi *wax* dapat mencapai 64% setelah 7 hari, dibandingkan dengan tanpa menambahkan QFL-1, waktu degradasi *wax* jauh lebih cepat.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

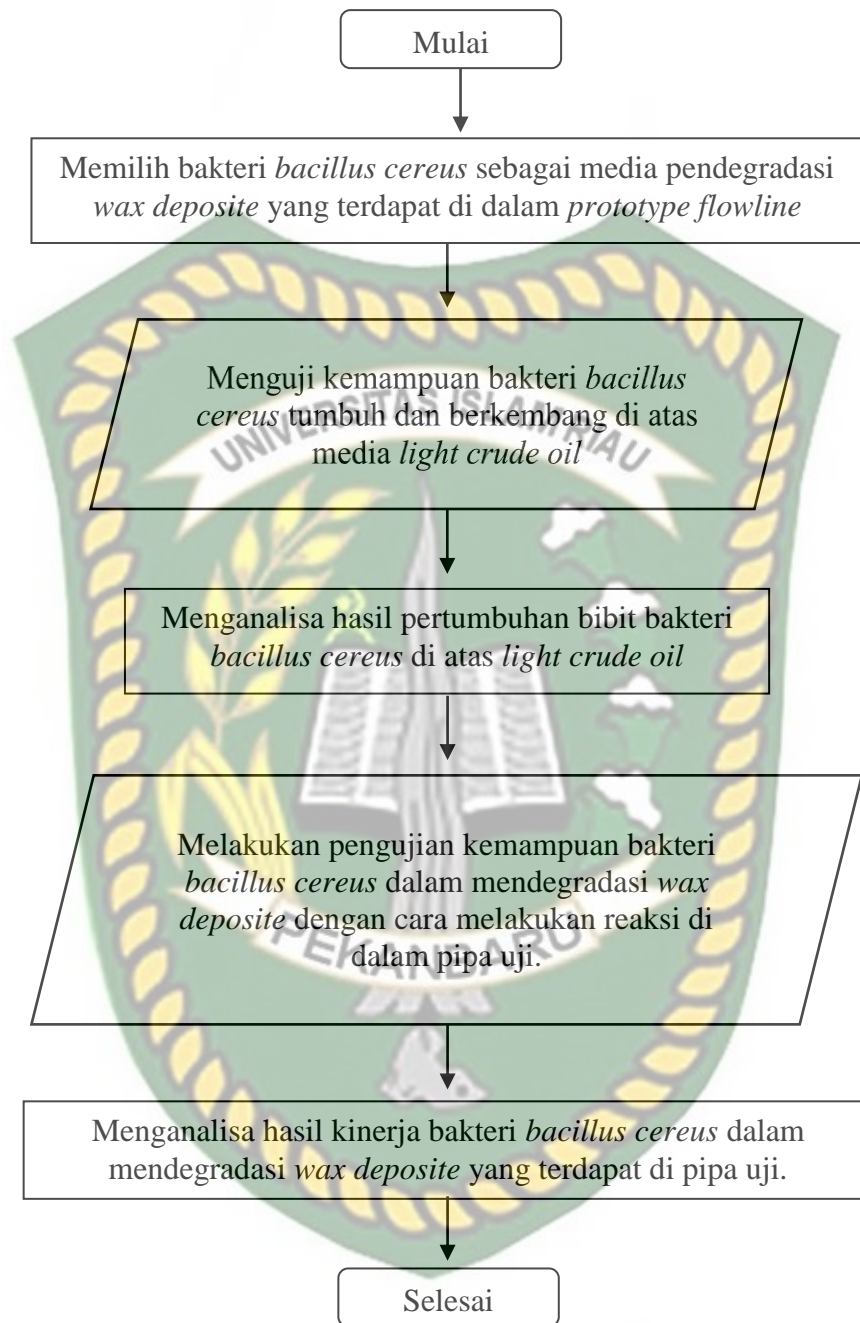
3.1 URAIAN METODE PENELITIAN

Metodologi dari penelitian ini adalah melakukan pengujian pertumbuhan dan perkembangan bibit bakteri *bacillus cereus* di atas media *light crude oil* menggunakan cara inkubasi di laboratorium UPT RS. Arifin Ahmad. Kemudian melakukan pengujian potensi bakteri *bacillus cereus* dalam medegredasi *wax deposit* yang terdapat di dalam *prototype flowline* di laboratorium Analisa Fluida Reservoir Teknik Perminyakan Universitas Islam Riau dengan jenis penelitian *experiment research*.

Pengujian pertama yang dilakukan adalah mengamati pertumbuhan dan perkembangan bibit bakteri *bacillus cereus* di atas media *light crude oil* menggunakan cara inkubasi. Selanjutnya koloni bakteri *bacillus cereus* dilakukan pengujian pewarnaan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi bakteri. Kemudian melakukan pengamatan bentuk fisik dari bakteri di bawah mikroskop. Selanjutnya dilakukan pembuatan suspensi bakteri *bacillus cereus* menggunakan campuran buffer phosphate saline sebagai media pengencer. Suspensi bakteri *bacillus cereus* dimasukan ke dalam *prototype flowline* yang telah didepositkan *wax* dan dilakukan reaksi antara suspensi bakteri *bacillus cereus* dengan *wax* selama 168 jam atau 7 hari.

Setelah melakukan pengujian, *wax* yang telah di *treatment* menggunakan bakteri *bacillus cereus* dilakukan pengujian untuk melihat perubahan yang terjadi di *wax* sebelum dan setelah *treatment*. Pengujian pertama yang dilakukan adalah pengujian *specific gravity* untuk melihat berat massa pada *wax*, uji °API untuk melihat kualitas *wax*. Pengujian selanjutnya yang dilakukan adalah mencari nilai *cold point* dan *pour point* sebagai informasi ketahanan fluida terhadap perubahan suhu dan yang terakhir pengujian laju alir sebagai indikator mobilitas dan perubahan sifat fisik *wax*.

3.2 ALUR PENELITIAN



Gambar 3.1 Flowchart penelitian

3.3 ALAT, BAHAN DAN PROSEDUR

3.3.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah alat-alat yang digunakan dalam pengujian kemampuan bibit bakteri *bacillus cereus* untuk tumbuh di atas media *light crude oil* dan pendegradasian *wax deposite* yang terdapat di *prototype flowline* menggunakan bakteri *bacillus cereus*, seperti:

1. *Prototype flowline*

Fungsi: Menjadi media terdepositnya *wax* dan tempat uji degradasi *wax* menggunakan bakteri *bacillus cereus*.



Gambar 3.2 *Prototype flowline*

2. Alumunium foil

Fungsi: Menjaga temperatur di dalam *prototype flowline* tetap konstan dan tidak terkontaminasi oleh perubahan temperature lingkungan.



Gambar 3.3 Alumunium foil

3. Timbangan Digital

Fungsi: Mengukur/menimbang massa dari bahan-bahan yang akan digunakan.



Gambar 3.4 Timbangan digital

4. Gelas ukur

Fungsi: Mengukur volume fluida selama melakukan penelitian.



Gambar 3.5 Gelas ukur

5. Isolasi

Fungsi: Menutupi bagian *prototype flowline* yang rentan bocor.



Gambar 3.6 Isolasi

6. Picnometer

Fungsi: digunakan untuk mengukur nilai massa jenis atau densitas dari fluida.



Gambar 3.7 Picnometer

7. Kaca objek

Fungsi: Menjadi tempat koloni bakteri yang akan diamati di bawah mikroskop, sehingga objek akan lebih jelas ketika diamati.



Gambar 3.8 Kaca objek

8. Mikroskop

Fungsi: Melihat bentuk bakteri *bacillus cereus*.



Gambar 3.9 Mikroskop elektrik tipe Olympus.

9. Alcohol burner

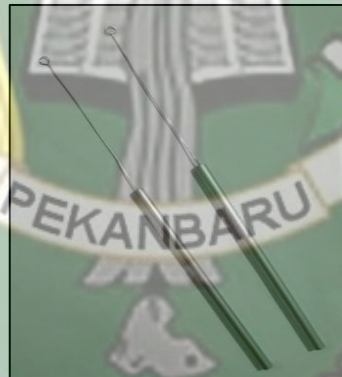
Fungsi: untuk memanaskan kaca objek dan okse guna sterilisasi kontaminasi bakteri lain di media tersebut.



Gambar 3.10 Alcohol burner

10. Okse

Fungsi: Memindahkan koloni bakteri dari atas petrie dish ke dalam tabung reaksi untuk diencerkan.



Gambar 3.11 Okse

11. Tabung reaksi

Fungsi: Media pembuat suspensi dengan campuran antara koloni bakteri *bacillus cereus* dengan buffer phosphate saline



Gambar 3.12 Tabung reaksi

12. Inkubator

Fungsi: menginkubasi (menumbuhkan) mikroorganismenya seperti bakteri, fungi dan sel mikroba lainnya pada kondisi tertentu.



Gambar 3.13 Inkubator

13. *Petrie dish*

Fungsi: wadah untuk perkembangan kultur bakteri



Gambar 3.14 *Petrie dish*

14. Stopwatch

Fungsi: Acuan waktu selama melakukan penelitian



Gambar 3.15 Stopwatch

15. *Water bath*

Fungsi: Menguji *cold point* pada *wax* setelah dan sebelum dilakukan *treatment* menggunakan mikroba.



Gambar 3.16 *Water bath*

16. *Heater* elektrik

Fungsi: Memanaskan sampel *wax* untuk melakukan uji *pour point*



Gambar 3.17 *Heater* elektrik

17. Thermometer alkohol

Fungsi: Menunjukkan informasi mengenai suhu pada sampel



Gambar 3.18 Thermometer alkohol

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan untuk menjadi media penelitian yang dilakukan sebagai berikut:

1. *Wax crude oil*
2. *Light crude oil*
3. *Strain* (bibit) bakteri *bacillus cereus*
4. Buffer phosphate saline
5. Crystal violet
6. Lugol
7. Sopragin
8. E. imersi
9. Garam
10. Es kristal

3.3.3 Prosedur penelitian

- a) Pengujian kemampuan bakteri *bacillus cereus* hidup dan berkembang di atas *light crude oil*.
 1. Siapkan wadah *petrie dish*, kemudian letakan *light crude oil* di dalamnya
 2. *Strain* (bibit) bakteri *bacillus cereus* ditabur di atas media *light crude oil* dengan pola tertentu dengan menggunakan okse
 3. Kemudian menginkubasi selama 24 jam dengan pengaturan suhu 37°C
 4. Selanjutnya setelah di keluarkan dari inkubator, dilakukan pengamatan fisik secara langsung dan menggunakan mikroskop.
- b) Pengamatan secara fisik menggunakan mikroskop.
 1. Mengambil sebanyak 1-2 okse koloni dari media dan letakkan koloni bakteri tersebut di atas kaca objek
 2. Teteskan sebanyak 2 tetes larutan buffer di koloni tersebut
 3. Biarkan kering pada suhu ruangan
 4. Diviksasi sebanyak 3 kali yang bertujuan untuk merekatkan sampel di atas kaca objek.

5. Teteskan crystal violet sebanyak 2 tetes yang bertujuan untuk menguji pewarnaan gram positif. Kemudian diamkan selama 1 menit lalu dibilas dengan air mengalir
 6. Teteskan lugol sebanyak 2 tetes di atas media, lalu diamkan selama satu menit kemudian bilas menggunakan air mengalir
 7. Teteskan soprangan sebanyak 2 tetes yang bertujuan untuk menguji pewarnaan gram negatif. Kemudian diamkan selama 1 menit lalu dibilas dengan air mengalir
 8. Teteskan alkohol di atas media lalu diamkan selama 30 detik, bilas lagi menggunakan air mengalir
 9. Membiarkan kering media tersebut di suhu ruangan selama 5 menit.
 10. Teteskan E. imersi oil sebanyak 1 tetes di atas media
 11. Lakukan pengamatan menggunakan mikroskop.
- c) Penyediaan *prototype flowline* yang terdeposit *wax* dan penerapan penggunaan bakteri *bacillus cereus* untuk menangani permasalahan *wax deposite* yang terdapat di *prototype flowline*
1. Siapkan pipa uji ukuran 1 inch dengan panjang 15 cm
 2. Membuat lubang di salah satu sisi pipa untuk injeksi bakteri
 3. Tutup salah satu ujung pipa menggunakan penutup pipa
 4. Masukkan *wax* sebanyak 37.75 gr melalui bagian yang tidak tertutup
 5. Tutup menggunakan alumunium foil dan direkatkan dengan isolasi bagian pipa yang tidak ditutup menggunakan penutup pipa
 6. Diamkan *wax* tersebut selama 24 jam dengan suhu ruangan.
 7. Siapkan suspense bakteri
 8. Memasukan suspense bakteri sebanyak 52.70 gr melalui lubang injeksi yang telah dibuat di salah satu sisi pipa
 9. Masukkan hingga suspense bakteri penuh di dalam pipa
 10. Tutup menggunakan alumunium foil bagian yang telah dilubangkan untuk injeksi bakteri dan direkatkan menggunakan isolasi, reaksi terjadi selama 168 jam dengan suhu ruangan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menjelaskan hasil kemampuan bakteri *bacillus cereus* untuk hidup dan tumbuh di atas media *light crude oil*, selanjutnya akan menjelaskan pula tentang hasil pengujian untuk melihat jenis bakteri yang tumbuh tersebut melalui pewarnaan gram bakteri. Menjelaskan hasil kemampuan bakteri *bacillus cereus* mendegradasi wax deposit yang terbentuk di dalam *prototype flowline* sebagai tujuan awal penelitian ini.

4.1 HASIL INKUBASI BAKTERI

Inkubasi bakteri yang telah dilakukan selama 24 jam dengan suhu 37°C di dalam inkubator bertujuan untuk melihat kemampuan bakteri *bacillus cereus* hidup dan berkembang di media *crude oil*.



Gambar 4.1 Hasil foto kamera terhadap bakteri (a) sebelum inkubasi (b) setelah inkubasi.

Berdasarkan hasil uji dari meletakkan bakteri *bacillus cereus* di atas media *light crude oil*, didapatkan hasil dimana *bacillus cereus* memiliki kemampuan untuk dapat hidup dan berkembang di *crude oil*. Hal tersebut didapatkan berdasarkan hasil *capture* menggunakan kamera, terdapat koloni bakteri *bacillus cereus* yang tumbuh di atas media tanam *crude oil*. Koloni bakteri merupakan kumpulan bakteri sejenis hasil penaburan yang mengumpul pada satu tempat di media. Koloni yang terbentuk di atas *light crude oil* tersebut berjumlah 5 buah koloni. Berdasarkan hasil pengamatan, tidak ada koloni bakteri lain yang

mengkontaminasi di dalam media inkubasi yang telah di lakukan pengujian. Karena bakteri yang tumbuh hanya bakteri yang berada di area penaburan, tidak ada bakteri atau koloni yang tumbuh diluar area penaburan.

4.2 HASIL IDENTIFIKASI JENIS BAKTERI *BACILLUS CEREUS* MELALUI PEWARNAAN GRAM BAKTERI

Pewarnaan gram bakteri bertujuan untuk mengidentifikasi jenis bakteri seperti yang telah di jelaskan pada BAB II bagian 2.3.4 tentang pewarnaan gram bakteri. Proses identifikasi ini sangat perlu untuk memperhatikan apakah bakteri yang tumbuh di atas media uji sudah sesuai dengan jenis yang diletakkan atau terdapat kontaminasi dari bakteri lain.



Gambar 4.2 Bakteri *bacillus cereus* berbentuk batang berwarna ungu setelah dilakukan uji pewarnaan dilihat melalui mikroskop elektrik.

Hasil pengamatan menggunakan mikroskop yang dilakukan terhadap hasil uji pewarnaan gram bakteri didapatkan bahwa bakteri yang terbentuk berwarna ungu. Warna ungu merupakan indikasi dari bakteri dengan jenis gram positif. Hasil dari gram positif merupakan identifikasi dari bakteri jenis *bacillus cereus*. Hasil lainnya yang didapatkan melalui pengamatan menggunakan mikroskop terhadap bentuk tubuh dari bakteri tersebut adalah batang, yang mana hasil ini sesuai dengan bentuk morfologi dari *bacillus cereus*. Melalui hasil pengujian di atas didapatkan bahwa bakteri *bacillus cereus* telah mampu tumbuh di atas *light crude oil* tanpa ada kontaminasi dari bakteri jenis lain. Apabila terdapat kontaminasi bakteri lain, kemungkinan gram yang ditampilkan akan berbeda karena bakteri *bacillus cereus* mengikat warna ungu, sedangkan bakteri jenis lain tidak mengikat warna ungu yang berasal dari larutan crystal violet.



(a)

(b)

Gambar 4.3 Membuat suspensi bakteri (a) mengambil koloni bakteri dari media menggunakan okse (b) memindahkan koloni bakteri *bacillus cereus* kedalam buffer phosphate saline untuk membuat suspensi.

Standar kekeruhan *mc farland* adalah peyetaraan konsentrasi mikroba dengan menggunakan larutan BaCl_2 1% dan H_2SO_4 1%. Standar kekeruhan *mc farland* ini dimaksudkan untuk menggantikan perhitungan bakteri satu per satu dan untuk memperkirakan kepadatan jumlah bakteri. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan standart kekeruhan yang dipakai adalah sebesar 4 *mc farland* untuk suspense bakteri yang dibuat. Dimana jumlah 4 *mc farland* sama dengan 1.2×10^9 bakteri di dalam 1 ml suspense. Suspensi ini berguna untuk menjadi media anti kontaminasi bakteri dan mempermudah dalam menginjeksikan bakteri ke dalam *prototype flowline* yang disiapkan.

Berdasarkan hasil analisa setelah inkubasi, kemudian dilakukan uji pewarnaan untuk melihat jenis gram, pengamatan secara fisik dan pengamatan melalui mikroskopis, bakteri *bacillus cereus* telah mampu untuk hidup dan berkembang di atas *light crude oil*.

4.3 HASIL DEGRADASI

Penurunan nilai *specific gravity* dan juga peningkatan nilai °API merupakan salah satu indikator keberhasilan dalam penerapan degradasi menggunakan bakteri *bacillus cereus* seperti hasil yang ditunjukkan tabel di bawah ini. *Specific gravity* adalah berat jenis *crude oil* dan API adalah satuan untuk

mengukur kualitas dari suatu minyak. Apabila nilai SG kecil dan nilai °API tinggi, maka kualitas minyak bumi tersebut semakin baik.

Tabel 4.1 Hasil uji *specific gravity* dan °API sebelum dan sesudah *treatment* menggunakan bakteri *bacillus cereus*

<i>Wax</i>	<i>Spesific gravity</i>	°API
Sebelum <i>treatment</i>	0.8548	34.0357
Sesudah <i>treatment</i>	0.8468	35.5996

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, terjadi perubahan fisik dari *wax* akibat dari degradasi. Nilai dari *specific gravity* yang turun menandakan bahwa berat jenis dari *wax deposit* tersebut telah mengalami penurunan sehingga berat jenis sesudah *treatment* menjadi lebih cair dan kemudian nilai °API mengalami peningkatan yang artinya *wax* menjadi lebih ringan. Pada sebelumnya *wax* lebih kental dan sulit untuk mengalir, setelah dilakukan *treatment* menggunakan bakteri *bacillus cereus* menjadi lebih mudah mengalir di dalam media pipa uji.



Gambar 4.4 Bentuk fisik *wax* sebelum dilakukan *treatment*.

Kondisi *wax* sebelum dilakukan *treatment* melalui hasil pengamatan memiliki struktur yang padat, kental dan sedikit beraroma. Pada kondisi seperti ini, *wax* tetap solid ketika diletak pada suhu ruangan dan akan mencair pada suhu 50°C melalui hasil uji *pour point* yang dilakukan.

Pada pengujian selanjutnya dilakukam pengujian *cold point* dan *pour point* menggunakan *wax* yang sudah di *treatment* dengan menggunakan bakteri dan juga *wax* yang belum di *treatment* menggunakan bakteri. Pengujian *cold point* bertujuan untuk mengetahui kemampuan fluida. *Cold point* adalah suhu dimana cairan mulai membentuk pemisahan *wax* pada suhu pendinginan tertentu

sedangkan *pour point* adalah suhu dimana fasa *fluida* mulai menjadi semi padat (Akhil A G, Mohammed Aiman Koya P K, Akhilesh S, Muhammad Ashif C A, Salman Khan, Dr.Rajesh Kanna, 2017).

Tabel 4.2 Hasil uji *pour point* dan *cold point* pada *wax* sebelum dan sesudah penanganan *wax* menggunakan bakteri *bacillus cereus*.

No	Jenis pengujian	Sebelum(°C)	Sesudah(°C)
1.	<i>Pour point</i>	50	34
2.	<i>Cold point</i>	33	31

Tabel diatas adalah hasil uji yang di dapat pada pengujian *pour point* dan *cold point* untuk *wax* yang sebelum dan sesudah di *treatment*. untuk nilai *pour point* sebelum *treatment* adalah 50°C, yang artinya *wax* tersebut akan mulai membentuk fasa encer dan mudah untuk mengalir pada suhu 50°C, sedangkan untuk nilai *pour point* *wax* yang sudah di *treatment* menggunakan bakteri *bacillus cereus* adalah 34°C, dimana setelah dilakukan *treatment* *wax* akan mencair pada saat berada di suhu 34°C. Hasil dari analisa perbandingan hasil di atas adalah, terjadi perbaikan dalam *wax* setelah dilakukan *treatment*, dimana *wax* yang sudah dilakukan *treatment* akan menjadi fasa cair dan mudah untuk mengalir saat suhu berada di angka 34°C sedangkan *wax* yang belum di *treatment* baru akan mencair apabila berada di suhu 50°C. perbandingan suhu sebelum dan sesudah di *treatment* untuk nilai *pour point* adalah 16°C.

Selanjutnya pengujian yang dilakukan adalah menguji nilai *cold point* pada *wax* sebelum dan sesudah dilakukan *treatment* menggunakan bakteri *bacillus cereus*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui *cold point* dari *wax*. Hasil yang di dapatkan pada *wax* yang tidak dilakukan *treatment* mulai membeku dan membentuk fasa solid sehingga tidak mengalir pada suhu 33°C, sedangkan untuk *wax* yang sudah dilakukan *treatment* dengan menggunakan bakteri *bacillus cereus* mulai menjadi fase solid dan tidak mengalir pada 31°C. dari hasil tersebut didapatkan bahwa *wax* yang sudah dilakukan *treatment* menggunakan bakteri *bacillus cereus* memiliki *cold point* lebih rendah 2°C dibandingkan yang tidak dilakukan *treatment* menggunakan bakteri *bacillus cereus*.

Tabel 4.3 Hasil uji laju alir *wax* pada saat sebelum dan sesudah dilakukam *treatment* menggunakan bakteri *bacillus cereus*.

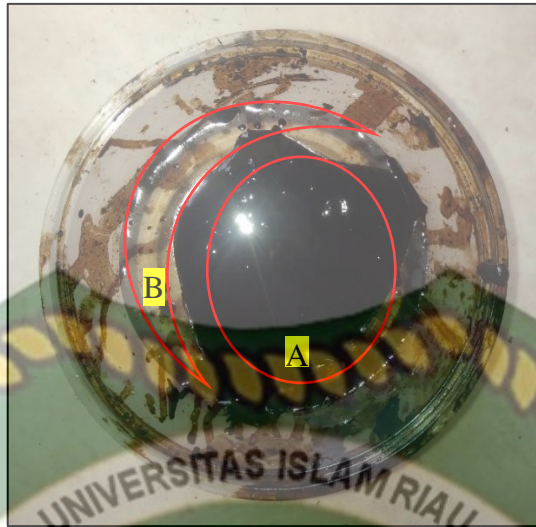
No	Pengujian Laju Alir	
1.	Sebelum <i>Treatment</i>	0 ml/detik
2.	Sesudah <i>Treatment</i>	1 ml/detik

Pada pengujian selanjutnya dilakukan percobaan dengan melihat kemampuan alir dari *wax* tersebut. Kemampuan alir dari *wax* tersebut merupakan salah satu indikator keberhasilan dari penanganan *wax deposite* yang terbentuk di dalam *flowline*. Pada fasa awal, sebelum dilakukan *treatment* menggunakan bakteri, *wax* tidak memiliki kemampuan laju alir. Sehingga nilai dari laju alir yang didapatkan adalah 0 ml/detik. Namun setelah dilakukan *treatment* menggunakan bakteri *bacillus cereus*, *wax* yang semulanya tidak memiliki laju alir dan *stuck* di dalam *prototype flowline* bisa mengalir. Hal tersebut berdasarkan hasil pengujian laju alir terhadap 10 ml *wax* yang sudah di *treatment*. Hasil yang didapatkan adalah 10 detik atau sama dengan 1 ml/detik.



Gambar 4.5 *Deposite wax* di dalam *prototype flowline* (a) sebelum *treatment* dan (b) sesudah *treatment*

Sebelum dilakukan *treatment*, *wax* mengisi ruang yang terdapat di dalam *prototype flowline*. Hasil uji terhadap *wax* yang belum di *treatment* didapatkan melalui pengujian aliran *wax* yang dilakukan selama 7 hari dengan cara meletakkan *prototype flowline* dengan kemiringan 45 derajat didapatkan hasil bahwa *wax* tidak memiliki laju alir. Setelah dilakukanya *treatment wax* menggunakan bakteri *bacillus cereus*, *wax* dapat mengalir dan *wax* yang terbentuk di dalam *prototype flowline* telah terdegradasi.



Gambar 4.6 *Capture* menggunakan kamera bentuk fisik *wax* setelah dilakukan *treatment* menggunakan bakteri *bacillus cereus* (a)*wax* (b)buffer phosphate saline.

Menurut hasil uji yang dilakukan, bahwa antara buffer phosphate saline dan juga *wax* tidak bercampur, ini mengindikasikan bahwa perubahan sifat fisik *wax* murni terjadi akibat degradasi oleh bakteri *bacillus cereus* dan bukan akibat dari kontaminasi oleh buffer phosphate saline.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan di dapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil setelah inkubasi didapati tumbuhnya koloni di atas *light crude oil* menandakan bahwa bakteri *bacillus cereus* telah berhasil hidup dan berkembang di atas media tersebut.
2. Degradasi *wax* berhasil ditangani oleh bakteri *bacillus cereus* melalui hasil pengujian *specific gravity* didapatkan bahwa terjadi penurunan dari 0.8548 menjadi 0.8464, °API yang sebelumnya 34.0375 naik menjadi 35.5996, Nilai *pour point* sebelum degradasi 50°C turun menjadi 34°C. *Cold point* sebelum degradasi 33°C, setelah degradasi turun menjadi 31°C. *Wax* yang awalnya tidak memiliki laju alir (0 ml/detik), setelah *treatment* memiliki laju alir 1 ml/detik.

5.2 SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa saran, sebagai berikut:

1. Peneliti selanjutnya menguji nilai WAT *wax deposit*.
2. Melakukan penelitian menggunakan bakteri jenis lain yang mampu untuk mendegradasi *wax deposit* lebih baik daripada *bacillus cereus*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiyejina, A. et al. (2011). *Wax formation in oil pipeline: A critical review. Int. J. Multiphas. Flow* 37, 671-694.
- Ajayi, O. E. (2013). *Modelling of controlled wax deposition and loosening in oil and gas production systems*. Norway: Department of Energy and Process Engineering Norwegian University of Science and Technology.
- Akhil A G, Mohammed Aiman Koya P K, Akhilesh S, Muhammad Ashif C A, Salman Khan, Dr.Rajesh Kanna. (2017). Determination of Cloud And Pour Point of Various Petroleum Product. *International Refereed Journal of Engineering and Science (IRJES)*, 1-4.
- Alexandri, A. (2002). Perencanaan Rate Of Penetration Pada Operasi Pemboran. Forum Teknologi.
- Ali, A. (2005). Mikrobiologi Dasar Jilid 1. *State University of Makassar Press. Makassar*.
- Al-Yaari, M. (2011). Paraffin Wax Deposition: Mitigation and Removal Techniques. *SPE Saudi Arabia section Young Professionals Technical Symposium, 14-16 March, Dhahran, Saudi Arabia* (pp. 1-10). Dhahran: Society of Petroleum Engineers.
- B.T. Ellison, C.T. Gallagher, S.E. Lorimer,. (2000). The Physical Chemistry of Wax, Hydrates, and Asphaltene. *Offshore Technology Conference* (pp. 1-11). Texas: Offshore Technology Conference (OTC 11963).
- Binbin Wu et al. (2014). Ecological and enzymatic responses to petroleum contamination . *Environmetal Science Processes Impacts*, 1501–1509.
- Chengyu Bai and Jinjun Zhang. (2013). Thermal, Macroscopic, and Microscopic Characteristics of Wax Deposits in Field Pipelines. *Energy & Fuel*, 752-759.
- Chouparova, E et al. (2004). Characterization of petroleum deposits formed in a producing well by synchrotron radiation-based microanalyses. *Energy Fuels*, 1199–1212.

- Dolly Pal Rana et al. (2010). Novel Microbial Process For Mitigating Wax Deposition in Downhole Tubular and Surface Flow Lines. *SPE Oil and Gas India Confrence and Exhibition* (pp. 1-6). Mumbai: SPE.
- G.Ali Mansoori, H. Lindsey Barnes, Glenn M. Webster. (2003). Petroleum Waxes. In H. L. G.Ali Mansoori, *Fuels and Lubricants Handbook: Technology, Properties, Performance, and Testing* (pp. 525-556). ASTM Manual Series: MNL37WCD.
- Gudina E.J, Pereira J.F.B., Costa R, Coutinho J.A.P, Teixeira J.A, Rodrigues L.R . (2013). Biosurfactant-producing and oil-degrading *Bacillus subtilis* strains enhance oil recovery in laboratory sand-pack columns. *Journal of Hazardous Materials*, 106-113.
- Jiang Hong Liu, Yun Peng Jia, Yi Tong Chen & Rui Dan Xu . (2013). Microbial Treatment for Prevention and Removal of Paraffin Deposition on the Walls of Crude Pipelines. *Indian J Microbiol*, 1-3.
- Khalid, I., Musnal, A., & Sari, B. P. (2015). Evaluasi Masalah Bottom Hole Assembly Lepas Pada Pemboran Berarah Di Sumur X . *Jurnal Of Earth Energy Engineering*.
- Koh Junyi, Nurul Hasan. (2018). Review of the Factors that Influence the Condition of Wax Deposition in Subsea Pipelines. *International Journal of Engineering Materials and Manufacture*, 1-8.
- Kristin Falk et al. (2002). Subsea Heat Bank - An Alternative Thermal Insulation Method. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 29 September- 2 October* (pp. 1-10). San Antonio, Texas: SPE.
- Kusnadi, Peristiwati, Ammi Syulasm, Widi Purwianingsih & Diana Rochintaniawati. (2003). *Mikrobiologi*. Bandung: FPMIPA UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA.
- Marwa M. El-Dalaton et al. (2019). Occurrence and Characterization of Paraffin Wax Formed in Developing Wells and Pipelines. *MDPI Journal Energies*, 1-23.
- Meagan White, Kelly Pierce & Tathagata Acharya. (2017). A review of Wax Formation / Mitigation Technologies in the Petroleum Industry. *SPE Journal (SPE-189447-PA)*, 1-10.

- Mohammad Rehan, Abdul-Sattar Nizami, Osman Taylan, Basil Omar Al-Sasi, Ayhan Demirbas. (2016). Determination of *wax* content in crude oil. *Petroleum Science and Technology*, 799-804.
- Mustafa Verşan K k, Mikhail A. Varfolomeev, Danis K. Nurgaliev. (2018). *Wax* appearance temperature (WAT) determinations of different origin crude oils by differential scanning calorimetry. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 1-8.
- N. Sakthipriya, Mukesh Doble & Jitendra S. Sangwai. (2017). Enhanced microbial degradation of *waxy* crude oil: a review on current status and future perspective. *Int. J. Oil, Gas and Coal Technology*, Vol. 16, No. 2, 130-165.
- N. Sakthipriya, Mukesh Doble, Jitendra S. Sangwai. (2015). Fast degradation and viscosity reduction of *waxy* crude oil and model *waxy* crude oil using *bacillus subtilis*. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 1-32.
- N. Sakthipriya, Mukesh Doble, Jitendra S. Sangwai. (2017). Enhanced microbial degradation of *waxy* crude oil: a review on current status and future perspective. *Int. J. Oil, Gas and Coal Technology*, 130-165.
- O. O. Bello, S. O. Fasesan, C. Teodoriu, K. M. Reinicke. (2006). An Evaluation of the Performance of Selected *Wax* Inhibitors on Paraffin Deposition of Nigerian Crude Oils. *Petroleum Science and Technology*, 195-206.
- Panawala, L. (2017). Difference Between Gram Positive and Gram negative Bacteria. *ResearchGate*, 1-13.
- Qing Quan, Jing Gong, Wei Wang & Ge Gao. (2015). Study on the aging and critical carbon number of *wax* deposition with temperature for crude oils. *ELSEVIER*, 1-5.
- Reza Auliarahman Bhaktinagara et al. (2015). Biodegradasi Senyawa Hidrokarbon Oleh Strain *Bacillus cereus*(VIC) Pada Kondisi Salinitas Yang Berbeda. *Jurnal Biologi*, 62-71.
- Segen, J. (2002). *McGraw-Hill concise dictionary of modern medicine*. New York: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Speer, J. W. (1958). A Method For Determining Optimum Drilling Techniques.
- Speight. (2011). In *Industrial Hydrocarbon Proces* (pp. 85-125). Elsevier.

- Speight, J. (2014). *The Chemistry and Technology of Petroleum*. New York, NY, USA: CRC Press.
- Speight., J. G. (2015). *Wax*. In J. G. Speight., *Handbook of Petroleum Product Analysis, Second Edition* (pp. 255-264). John Wiley & Sons.
- Surya Tejasvi Thota et al. (2016). MITIGATION OF WAX IN OIL PIPELINES. *International Journal of Engineering Research and Reviews*, 39-47.
- Theyab, M. A. (2018). *Wax deposition process: mechanisms, affecting factors and mitigation methods*. *MedCrave*, 109-115.
- Weidong Li et al. (2019). *Study on Wax Removal During Pipeline-Pigging Operations*. (pp. 1-16). SPE.
- Wibowo, M. (2012). *Pertumbuhan dan kontrol Bakteri*. *Jurnal Pertumbuhan bakteri*.
- Yao B, Li C, Yang F, Zhang Y, Xiao Z, Sun G. (2016). Structural properties of gelled Changqing waxy crude oil waxy crude oil benefitted with nanocomposite pour point depressant. *Fuel*, 544-554.
- Z. Huang, S. Zheng, H.S Fogler. (2016). *Wax Deposition: Experimental Characterizations, Theoretical Modeling, and Field Practices*. Florida: CRC Press.
- Zhang Guozhong et al. (2010). *Study on the wax deposition of waxy crude in pipelines and its application*. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 1-9.
- Zhenyu Huang Hyun Su Lee Michael Senra H. Scott Fogler. (2011). A Fundamental Model of Wax Deposition in Subsea Oil Pipelines. *ALChE*, 2955-2964.