

**STUDI LABORATORIUM SCREENING MICROBA KOMPOS  
UNTUK MICROBIAL ENHANCED OIL RECOVERY (MEOR)**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan guna melengkapi syarat dalam mencapai gelar sarjana teknik*

Oleh

**IKHSAN JAUHARI TSANY**

**163210065**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERMINYAKAN**

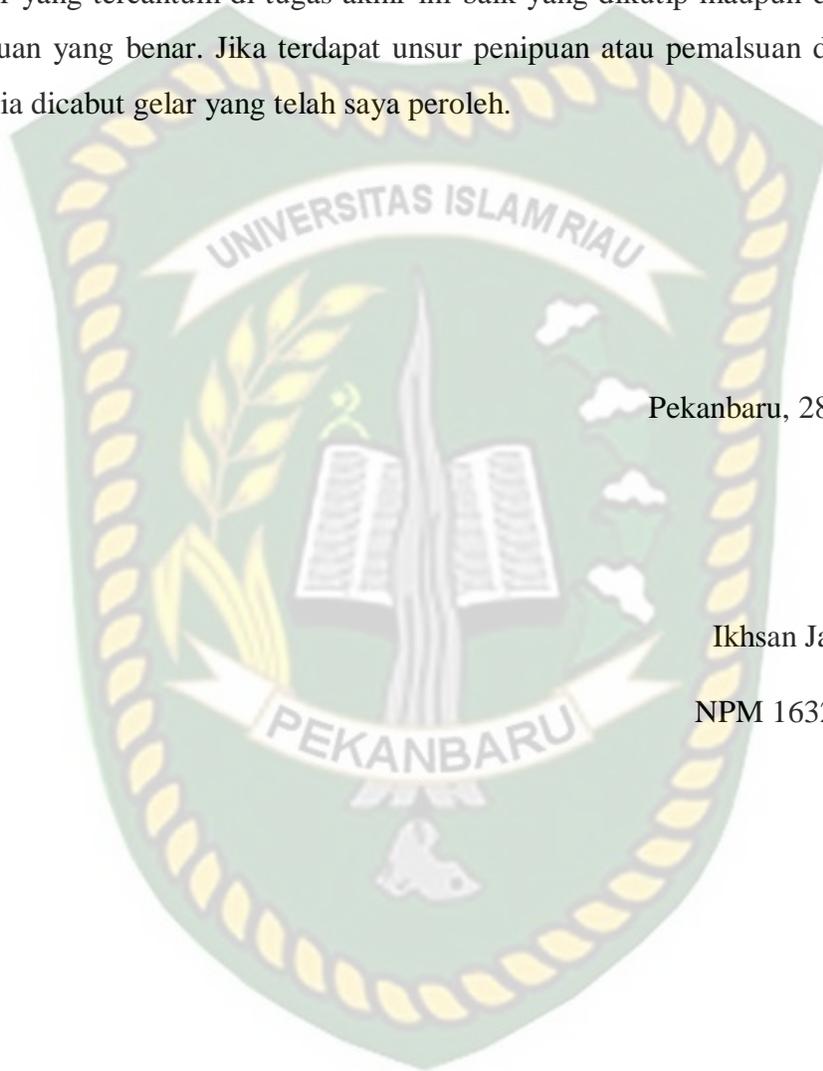
**UNIVERSITAS ISLAM RIAU**

**PEKANBARU**

**2021**

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Penelitian ini saya nyatakan bahwa tugas akhir ini adalah karya saya sendiri dan sumber yang tercantum di tugas akhir ini baik yang dikutip maupun dirujuk, dengan ketentuan yang benar. Jika terdapat unsur penipuan atau pemalsuan data maka saya bersedia dicabut gelar yang telah saya peroleh.



Pekanbaru, 28 Mei 2021

Ikhsan Jauhari

NPM 163210065

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah atas segala rahmat yang diberikan oleh Allah SWT yang telah memberikan nikmat yang besar kepada kita semua. Shalawat serta salam kita ucapkan kepada Nabi kita Muhammad SAW. Sehingga penyusun tugas akhir dengan judul Studi laboratorium *screening* mikroba kompos untuk *microbial enhanced oil recovery (MEOR)* dapat diselesaikan. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar sarjana Teknik pada Prodi Teknik Perminyakan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Saya sadari bahwa banyak pihak telah membantu dan mendorong saya untuk bisa menyelesaikan tugas akhir ini serta memperoleh wawasan ilmu yang besar selama perkuliahan, oleh karena hal itu saya ingin mengucapkan terima kasih ke pada:

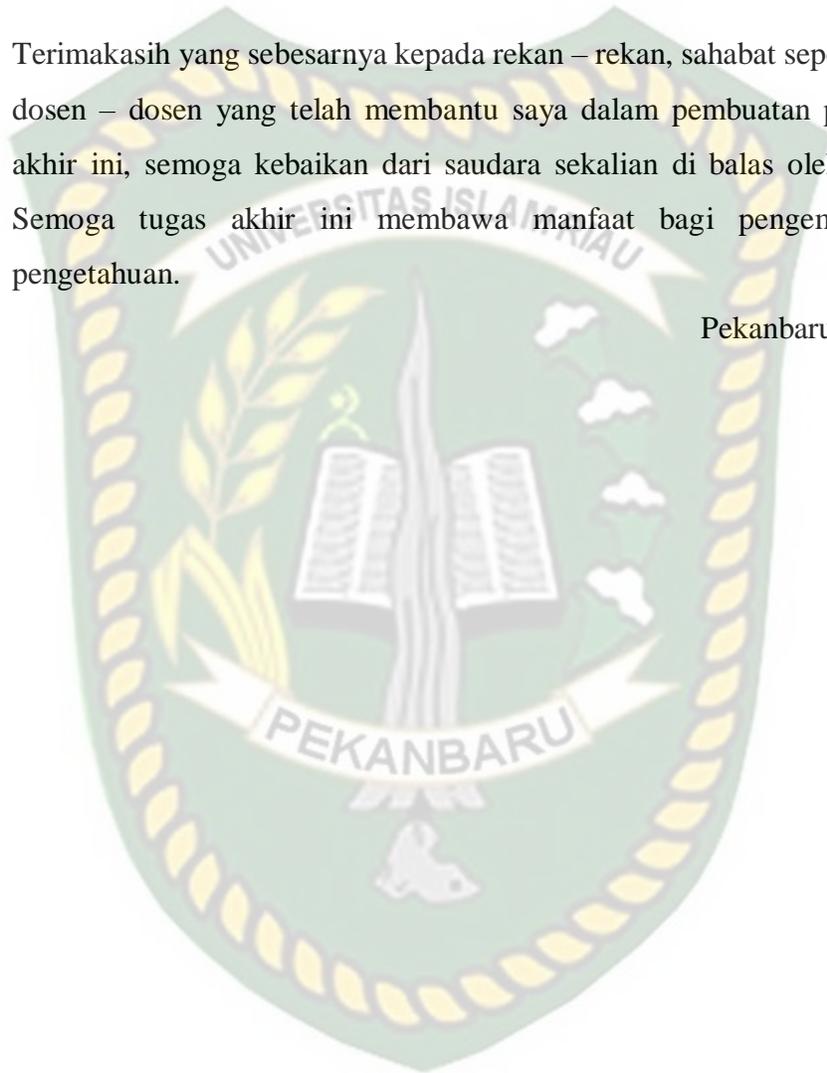
1. Kedua orang tua Aprizul dan Rina Devita, serta abang saya Aries Saputra atas segala kasih sayang, dukungan moril dan materi yang selalu diberikan hingga penyelesaian tugas akhir ini .
2. Ibu Novia Rita, S.T., M.T. selaku K.A Teknik Perminyakan dan, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak M. Ariyon, S.T., M.T. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Ibu Yeyet Satriah selaku pembimbing penelitian di UPTD laboratorium kesehatan dan lingkungan, Pekanbaru, Riau.
5. Ketua dan Sekretaris prodi serta dosen - dosen yang sudah banyak membantu terkait perkuliahan, ilmu pengetahuan dalam perkuliahan dan hal lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.
6. Seluruh rekan dan teman-teman Teknik Perminyakan UIR yang telah memberi dukungan moril dan moral kepada saya.

7. Seluruh pegawai UPTD laboratorium kesehatan dan lingkungan, Pekanbaru, Riau, yang sudah banyak membantu terkait penelitian, ilmu pengetahuan dalam penelitian dan hal lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Terimakasih yang sebesar-besarnya kepada rekan – rekan, sahabat seperjuangan, dan dosen – dosen yang telah membantu saya dalam pembuatan proposal tugas akhir ini, semoga kebaikan dari saudara sekalian di balas oleh Allah SWT. Semoga tugas akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Pekanbaru, 28 Mei 2021

Ikhsan jauhari



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	2
1.3. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1. <i>Enhanced Oil Recovery (EOR)</i> .....	4
2.2. <i>Microbial Enhanced Oil Recovery (MEOR)</i> .....	6
2.3. Kompos.....	7
2.4. Microorganism Bakteri.....	7
2.5. Faktor Pertumbuhan Bakteri.....	8
2.6. <i>State Of The Art</i> .....	9
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>14</b>
3.1. Alat Dan Bahan.....	14
3.2. Prosedur Penelitian.....	15
3.3. <i>Flow Chart</i> .....	19
3.4. Jadwal Penelitian.....	20

<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>21</b>
4.1. Hasil uji pH bakteri .....	22
4.2. Hasil inkubator bakteri .....	22
4.3. Pewarnaan gram bakteri <i>bacillus cereus</i> , dan <i>bacillus stearothermophilus</i> <i>FNCC</i> . .....	27
4.4. Hasil kemampuan bakteri berkembang dan hidup di air formasi .....	28
4.5. Hasil kemampuan bakteri berkembang dan hidup di <i>crude oil</i> .....	30
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>33</b>
5.1. Kesimpulan .....	33
5.2. Saran .....	33
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>32</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>37</b>

## DAFTAR GAMBAR

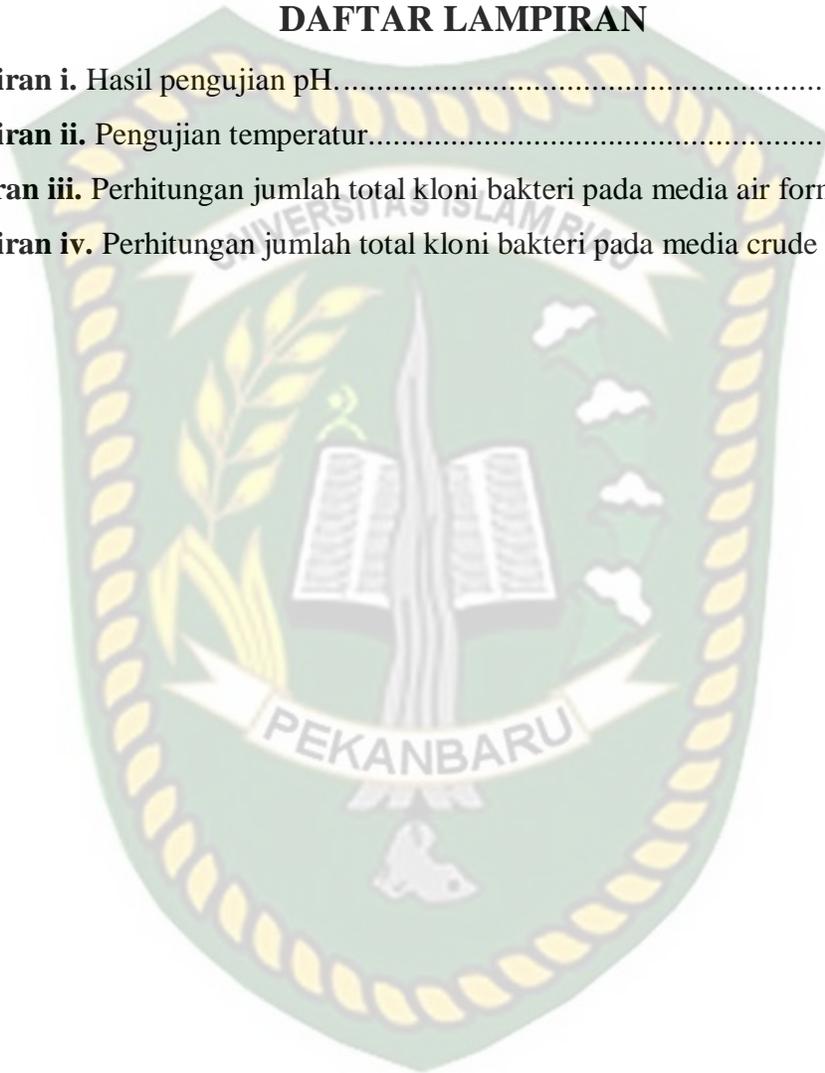
<b>Gambar 2.1.1</b> <i>enhanced oil recovery methods</i> (aladasani & bai, 2010).....	5
<b>Gambar 4.2.1</b> tidak adanya kultivasi bakteri.....	25
<b>Gambar 4.2.2</b> terjadinya perubahan wadah BHI .....	26
<b>Gambar 4.2.3</b> pertumbuhan bakteri pada <i>blood agar</i> .....	26
<b>Gambar 4.3.1</b> pengujian gram bakteri.....	287
<b>Gambar 4.3.2</b> hasil pewarnaan gram.....	28
<b>Gambar 4.4.1</b> hasil pengenceran media air formasi .....	298
<b>Gambar 4.5.1</b> hasil pengenceran media <i>crude oil</i> .....	31

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.2.1</b> <i>Screening microbial EOR</i> (ariadji et al., 2017) .....	6
<b>Tabel 2.6.1</b> <i>State Of The Art</i> .....	9
<b>Tabel 3.4.1</b> Jadwal penelitian.....	20
<b>Tabel 4.1.1</b> Hasil pengujian bakteri terhadap pH.....	221
<b>Tabel 4.2.1</b> Kemampuan bakteri berkembang pada temperatur 40°C, 60°C, dan 80°C.....	23
<b>Tabel 4.4.1</b> Hasil uji bakteri <i>bacillus cereus</i> , dan <i>bacillus stearothermophilus FNCC</i> pada media air formasi.....	309
<b>Tabel 4.5.1</b> Hasil uji bakteri <i>bacillus cereus</i> , dan <i>bacillus stearothermophilus FNCC</i> pada media <i>curde oil</i> .....	31

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran i.</b> Hasil pengujian pH.....	37
<b>Lampiran ii.</b> Pengujian temperatur.....	38
<b>lampiran iii.</b> Perhitungan jumlah total kloni bakteri pada media air formasi .....	39
<b>Lampiran iv.</b> Perhitungan jumlah total kloni bakteri pada media crude oil .....	40



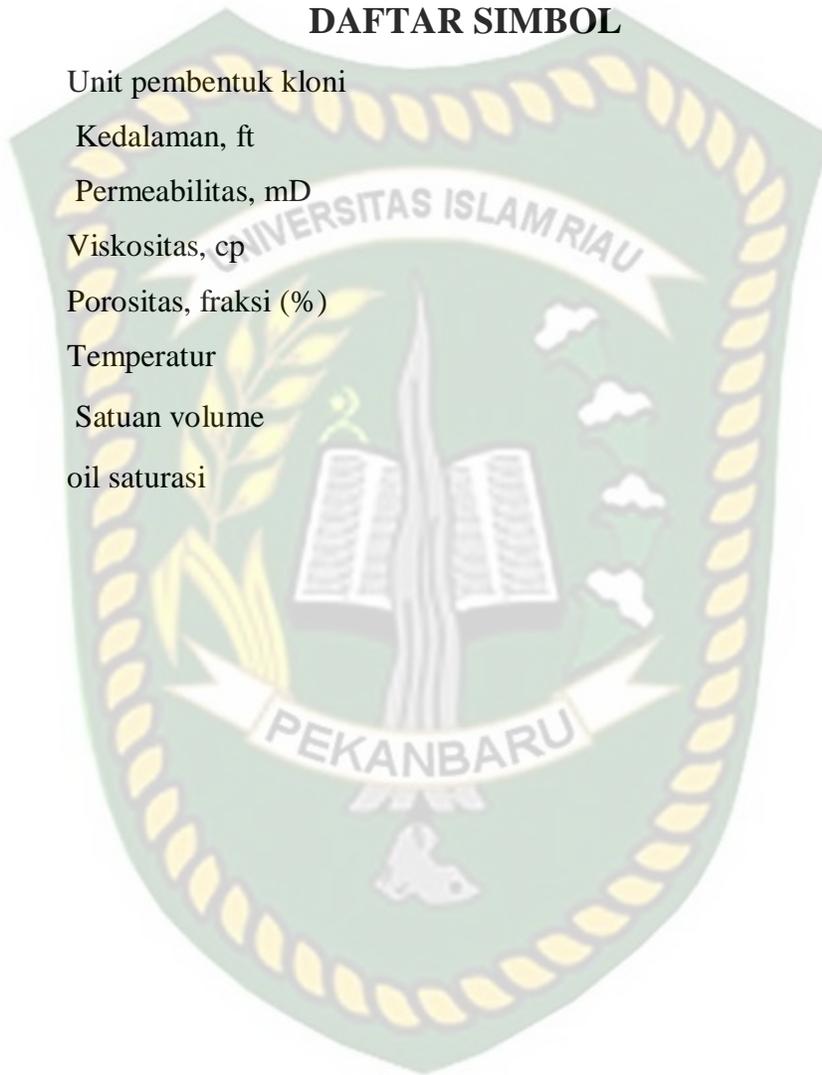
## DAFTAR SINGKATAN



ALT	Angka lempeng total
ASP	Alkalin, surfaktan, polimer
BHI	Brain heart infusio
CFU	Cloning forming unit
EOR	Enhanced oil recovery
HnP	Huff'n puff
MEOR	Microbial enhanced oil recovery
pH	Keasaman air
SOP	Standar operasional prosedur
UPTD	Unit pelaksanaan teknis daerah

## DAFTAR SIMBOL

CFU	Unit pembentuk kloni
D	Kedalaman, ft
K	Permeabilitas, mD
$\mu$	Viskositas, cp
$\phi$	Porositas, fraksi (%)
F	Temperatur
mL	Satuan volume
Pv	oil saturasi



# STUDI LABORATORIUM SCREENING MICROBA KOMPOS UNTUK MICROBIAL ENHANCED OIL RECOVERY (MEOR)

IKHSAN JAUHARI TSANY

163210065

## ABSTRAK (ABSTRACT)

Peningkatan perolehan minyak menggunakan metode *enhanced oil recovery* (EOR) adalah metode yang digunakan didunia *petroleum*, dimana ketika tahap *primary recovery* dan *secondary recovery* sudah tidak mampu memproduksi minyak di reservoir secara ekonomis maka, EOR akan digunakan untuk meningkatkan perolehan minyak pada suatu lapangan. Penelitian ini akan membahas metode EOR menggunakan mikroorganisme bakteri yang dikenal dengan *microbial EOR*, yang bertujuan untuk memobilisasi saturasi minyak sisa yang ada di reservoir. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui mikroorganisme bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus* FNCC dari kompos *veses* sapi yang mampu menghasilkan metabolisme berupa gas seperti metana dan butana, mampu menjadi kandidat mikroorganisme bakteri dalam metode *microbial EOR*, dimana bakteri *bacillus cereus* memiliki nilai keasaman atau pH 6 dan bakteri *bacillus stearothermophilus* memiliki nilai pH 6.3, dan kedua bakteri mampu untuk berkembang di temperatur 40°C, dan 50°C temperatur ini masuk kedalam bakteri *termofilik*. Bakteri juga mampu berkembang pada media air formasi dan *crude oil*, *bacillus cereus* di media air formasi tumbuh sebanyak  $16 \times 10^7$  CFU/ml, dan pada media *crude oil* sebanyak  $2 \times 10^1$  CFU/ml. *Bacillus stearothermophilus* di media air formasi tumbuh sebanyak  $20 \times 10^6$  CFU/ml, dan pada media *crude oil* sebanyak  $12 \times 10^5$  CFU/ml, dan jika digabung (*mixing*) kedua bakteri pada media air formasi sebanyak  $24 \times 10^7$  CFU/ml, dan pada media *crude oil* sebanyak  $16 \times 10^7$  CFU/ml, dan dilakukan pewarnaan gram, maka didapat warna *violet* yang menandakan gram positif, yang dimana kedua bakteri yang di uji adalah bakteri gram positif. Dengan demikian bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus* FNCC masuk ke dalam kandidat mikroorganisme yang bisa di gunakan pada metode *microbial EOR*.

**Kata kunci:** bakteri, kandidat, EOR, Microbial EOR, termofilik

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sekitar 5 tahun kebelakang produksi minyak dan gas bumi di Indonesia terus mengalami penurunan yang mengakibatkan ketidak seimbangan antara sumber energi yang ada dengan tingkat kebutuhan energi yang di gunakan oleh masyarakat Indonesia. Penurunan terjadi karena kurangnya eksplorasi lapangan migas yang baru dan rata – rata lapangan minyak di Indonesia masih menggunakan metode konvensional, dimana metode konvensional hanya menghasilkan sekitar 50 % dari *Original oil in place*.

Saturasi minyak yang masih tersisa di dalam suatu reservoir masih di anggap ekonomis apabila dapat diproduksi ke permukaan (Rita, n.d.), metode yang dapat dilakukan untuk memproduksi minyak yang masih tersisa di reservoir setelah tahap *primary recovery* dan *secondary recovery* dilakukan, dengan menggunakan metode *enhanced oil recovery (EOR)* (Kaczmarczyk et al., 2013). Salah satu metode yang bisa digunakan untuk produksi saturasi minyak sisa pada tahap *EOR* yaitu metode *microbial enhanced oil recovery (MEOR)*. *MEOR* merupakan salah satu injeksi bakteri yang di injeksikan ke dalam reservoir, selain menginjeksikan mikroorganisme bakteri dalam aplikasi *MEOR* juga dapat dilakukan penginjeksian nutrisi ke dalam reservoir untuk meningkatkan populasi bakteri yang terdapat di dalam reservoir. Sebelum penginjeksian *MEOR* dilakukan di suatu lapangan, terlebih dahulu akan dilakukan uji laboratorium, untuk *screening* mikroorganisme yang mampu bertahan dan berkembang pada kondisi reservoir (Ariadji et al., 2017).

Pada penelitian ini akan dilakukannya uji laboratorium karakteristik dari mikroorganisme yang bisa digunakan untuk aplikasi *microbial EOR*. Bakteri bisa berkembang dan tumbuh dari mana saja dari media yang bisa di tempatinya, karena bakteri berkembang dengan sangat cepat dan mudah, pada penelitian ini bakteri yang

digunakan di dapat dari microorganismе bakteri kompos *veses sapi*. Pada kompos terdapat berbagai macam jenis microorganismе bakteri yang tumbuh dan berkembang. Dari berbagai macam microorganismе bakteri yang terdapat pada kompos *veses sapi*, bakteri yang mampu bertahan pada temperatur tinggi (*termofilik*), bisa berkembang secara *anaerob*, mampu menghasilkan gas dari metabolisme, merupakan jenis microorganismе bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC*.

Karakteristik bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* hampir mirip dengan karakteristik *microbial EOR*, maka peneliti tertarik untuk melakukan pengujian terhadap bakteri tersebut apakah dapat di jadikan kandidat *microbial EOR*, dengan melakukan pengujian terhadap ketahanan bakteri dengan temperatur reservoir, kemampuan bakteri untuk berkembang di air formasi, dan juga hasil dari metabolisme dari bakteri sama seperti injeksi *EOR* lainnya seperti gas, *biosurfaktan*, dan *biopolimer* (Safdel, Anbaz, Daryasafar, & Jamialahmadi, 2017).

*MEOR* adalah metode yang baik untuk meningkatkan perolehan minyak, beberapa penelitian menyatakan bahwa injeksi *microbial* lebih ekonomis dibandingkan *termal EOR*, dan penginjeksian gas (Guo et al., 2015). Dengan screening karakteristik seperti temperatur berkisar diantara 80°F – 170°F, viskositas 1.7 – 8900 cp, dan permeabilitas 60 – 200 md(Ariadji et al., 2017). Penelitian yang dilakukan akan menggunakan microorganismе bakteri dari kompos *veses sapi* yang masuk ke dalam jenis *termofilik*. *Termofilik* merupakan kemampuan bakteri bertahan di temperatur yang tinggi (Didimus, 2015).

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Menguji kemampuan microorganismе bakteri kompos jenis *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* sebagai kandidat untuk metode injeksi *MEOR*.

2. Menguji kemampuan kultivasi microorganismen bakteri kompos jenis *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* untuk berkembang di *crude oil*.
3. Menguji kemampuan kultivasi microorganismen bakteri kompos jenis *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* terhadap air formasi.

### 1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Mencari dan mengetahui microorganismen bakteri yang dapat digunakan untuk alternatif *MEOR*.
2. Diharapkan penelitian ini menjadi sumber informasi dan tambahan studi literatur untuk penelitian dibidang *MEOR*.
3. Dapat dijadikan paper dan di publikasi pada jurnal nasional terindeks.

### 1.4. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat dilaksanakan dengan terarah serta tidak keluar dari tujuan penulisan, maka penelitian ini akan dilakukan hanya dalam skala laboratorium, ada beberapa batasan yang juga dilakukan, yaitu:

1. Microorganismen bakteri yang digunakan adalah bakteri yang termasuk dalam *termofilik*.
2. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dan tidak dilakukan dalam skala uji lapangan.
3. Penelitian ini menggunakan microorganismen bakteri dari kompos *veses sapi*.
4. Penelitian ini hanya membahas kemampuan bakteri berkembang dan kultivasi bakteri dalam *screening microbial EOR* secara laboratorium.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. *Enhanced Oil Recovery (EOR)*

*Enhanced oil recovery* atau juga yang dikenal *tertiary recovery* ialah suatu usaha yang dilakukan untuk meningkatkan produksi migas suatu lapangan, yang diinjeksikan akan berpengaruh terhadap sifat batuan dan *fluida* itu sendiri (Talabi, Didanloo, Harun, & Traboulay, 2019). Kegiatan *EOR* ini dilakukan ketika daya pendorong alami atau sering disebut *primary recovery* dan *secondary recovery* sudah tidak bisa lagi mendorong sisa minyak yang masih ada di reservoir, maka akan dilakukannya *EOR*.

Proses *EOR* biasanya diidentifikasi dengan injeksi yang dilakukan dengan menginjeksikan cairan selain air ke dalam reservoir, dengan perhitungan keekonomisan yang telah diperhitungkan dengan sangat baik, karena perhitungan keekonomisan ini yang akan diutamakan sebelum dilakukannya *EOR* (Nnaemeka Ezekwe, 2010). *EOR* bisa langsung dilakukan tanpa melalui proses *secondary recovery*, contohnya suatu lapangan dengan viskositas minyak yang sangat tinggi langsung bisa digunakan *thermal EOR*, dengan catatan karakteristik dari lapangan cocok untuk dilakukannya *thermal EOR* dan juga ekonomis jika dilakukan (Gachuz-muro, Watt, & Sohrabi, 2014).

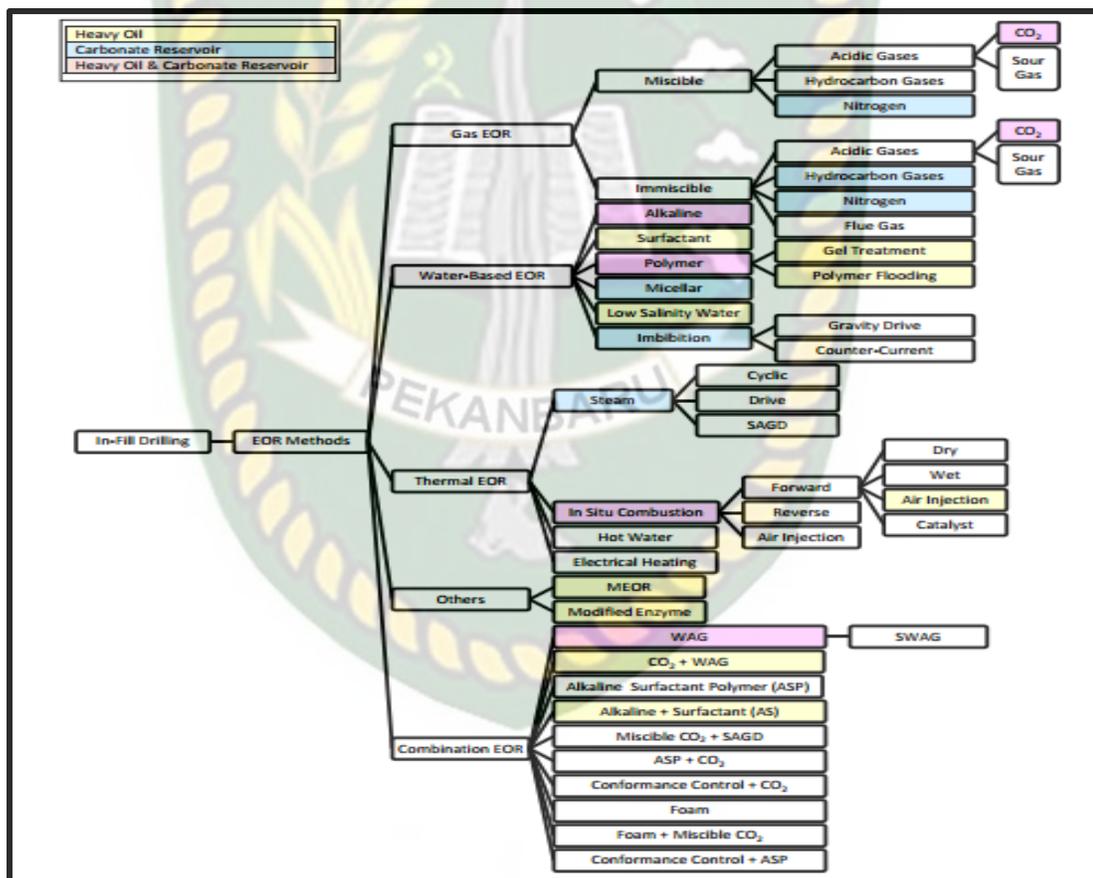
Proses *EOR* ini bisa dilakukan secara umum dengan 3 penginjeksian antaranya:

- Injeksi gas
- Injeksi *thermal* (panas)
- Injeksi kimia
  - ✓ *Polymer flooding*
  - ✓ *Polymer/surfactant flooding*
  - ✓ *Alkaline-Surfactant-Polymer (ASP) flooding*
- Injeksi *Microbial*

Untuk dilakukannya kegiatan *EOR* ada beberapa hal yang akan mempengaruhi dari kinerja dari *EOR* yang akan dilakukan antara lain:

1. *Homogenitas* reservoir
2. Kedalaman
3. Kemiringan
4. Mekanisme pendorong
5. Sifat fisik dari batuan dan *fluida*

Secara garis besar *EOR* bisa dilakukan dengan berbagai cara sebagai contoh pada gambar berikut:



Gambar 2.1.1 Enhanced Oil Recovery methods (Aladasani & Bai, 2010).

## 2.2. *Microbial Enhanced Oil Recovery (MEOR)*

*Microbial* adalah microorganismes bakteri yang mampu menghasilkan senyawa zat kimia seperti gas dan asam, dan mampu digunakan pada penerapan *EOR*, yang bertujuan memobilisasi saturasi minyak sisa atau dengan menginjeksikan nutrisi dari bakteri kedalam reservoir (Nabilou, 2016). Injeksi *microbial* ini dilakukan dengan menginjeksikan bakteri atau pun nutrisi dari bakteri kedalam reservoir (Bültemeier, Alkan, & Amro, 2014). Tujuan penginjeksian dari bakteri atau pun nutrisi dari bakteri ini adalah untuk menghasilkan *biosurfaktan* yang berguna untuk mengurangi tegangan antar muka, atau perubahan viskositas minyak sisa dari metabolisme bakteri yang akan memutuskan rantai panjang hidrokarbon. Bakteri yang di injeksikan harus bisa menghasilkan senyawa – senyawa untuk meningkatkan perolehan minyak, senyawa yang dihasilkan berupa gas, asam, polimer, dan *biosurfaktan* (Laini & Napoleon, 2014). Microorganismes yang di injeksikan juga bisa mengurangi H<sub>2</sub>S, dimana H<sub>2</sub>S merupakan komponen non hidrokarbon (impritis) yang tidak di inginkan karena bersifat beracun dan korosif (Alkan, Kögler, & Dopffel, 2017).

Microorganismes yang digunakan adalah bakteri yang mampu untuk menghasilkan metabolisme yang berguna untuk mobilisasi saturasi minyak sisa (Alkan et al., 2014), dengan menggunakan hidrokarbon sebagai sumber energinya (Al-Sulaimani et al., 2010). Menurut penelitian di lapangan daqing *Microbial EOR* bisa dilakukan pada reservoir yang memiliki permeabilitas yang relatif rendah dan ketebalan yang tipis (Zhaowei et al., 2011). *Screening* dari *MEOR* ini masih banyak perbedaan pendapat dari para ahli yang mengemukakan seperti di tabel berikut:

**Tabel 2.2.1** *Screening microbial EOR (Ariadji et al., 2017).*

Parameter	Aladansani	Bryant
<i>API° gravity</i>	12.0 – 33.0	>15
Viskositas (cp)	1.7 – 8900	-
Porositas (%)	12.0 – 28.0	-

Oil saturasi (%PV)	55 – 56	>25
Tipe formasi	Sandstone	-
Permeabilitas (md)	60 – 200	>50
Depth (ft)	1572 – 3464	<8000
Temperatur (°F)	86 – 90	<170

### 2.3. Kompos

Kompos adalah bahan organik seperti, kotoran, daun kering, rumput kering, dan berbagai macam bahan alami yang telah terjadi proses pengomposan yang di sebabkan oleh microorganismes pengurai. Proses pengomposan bisa terjadi alami sendirinya di alam terbuka, tetapi proses pengomposan juga bisa di lakukan oleh manusia dengan menambahkan microorganismes ke bahan yang akan di lakukannya pengomposan (Sidabutar, 2012). Pengomposan terbagi menjadi 2 yaitu yang pertama pengomposan secara *aerob*, dimana pengomposan menggunakan microorganismes yang memanfaatkan oksigen, dan yang ke dua pengomposan microorganismes dengan tidak menggunakan oksigen. Pengomposan adalah cara pengelolaan limbah padat dengan menggunakan microorganismes dan dapat menghasilkan pupuk organik, ada beberapa faktor yang mempengaruhi pengomposan yaitu, kadar oksigen, air, temperatur dan pH, karena bisa bekerja dengan baik atau tidaknya microorganismes di pengaruhi hal tersebut (Yuli Astuti Hidayati, Ellin Harlia, 2010). Pada kompos terdapat berjuta – juta kloni bakteri yang memiliki karakteristik yang berbeda dan mampu menghasilkan senyawa yang berbeda – beda.

### 2.4. Microorganismes Bakteri

Bakteri adalah senyawa ber sel satu (*prokariotik*) dan berkembang biak secara membelah diri (Holderman, Queljoe, Rondonuwu, & Biologi, 2017), dan microorganismes yang hidup secara berkloni, bebas, parasit, dan saprofit, serta bakteri ini tidak memiliki membran inti dan genetiknya terdapat di dalam molekul DNA tunggal, dimana bakteri ini bisa hidup dimana saja seperti di alam terbuka, di dalam

tanah, dan di dalam air (Riskawati, 2016). Ukuran dari bakteri sangat beragam tetapi rata rata berkisaran  $0.5 - 1.0 \times 2.0 - 5 \mu\text{m}$ . Bentuk bakteri terbagi 3 yaitu:

- Bola (*coccus* )
- Batang (*bacillus* )
- Spiral

Bakteri juga membutuhkan energi dimana energi ini bisa didapatnya dari oksigen, energi yang dibutuhkan oleh bakteri digunakan untuk proses katabolisme, dan substrat penguraian (Didimus, 2015).

### 2.5. Faktor Pertumbuhan Bakteri

Bakteri bisa berkembang biak disebabkan oleh beberapa faktor pendukung sehingga bakteri bisa terus ada dimana – mana, beberapa faktor pengaruh pertumbuhan bakteri (Didimus, 2015) adalah:

#### 1. Nutrisi

Bakteri membutuhkan energi untuk untuk proses katabolisme dan substrat penguraian, jadi bakteri memberikan nutrisi yang baik juga untuk melakukan perkembangan diri dari bakteri itu sendiri.

#### 2. Keasaman (PH)

Bakteri bisa bertahan pada 6.5 – 7.5, tetapi beberapa jenis dari bakteri bisa juga bertahan pada keasaman yang sangat tinggi dan juga kebasaan yang sangat rendah.

#### 3. Temperatur

Bakteri sangat tergantung terhadap temperatur dimana akan berpengaruh terhadap kerja enzim dan juga ketahanan dari bakteri tersebut, setiap bakteri memiliki kemampuan untuk hidup pada temperatur tertentu, maka bakteri bisa

digolongkan berdasarkan tingkat ketahanan terhadap temperatur, sebagai berikut:

- Psikrofilik, dimana bisa hidup pada temperatur  $-5 - 30\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Mesofilik, dimana bisa hidup pada temperatur  $10 - 45\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Termofilik, dimana bisa hidup pada temperatur  $25 - 80\text{ }^{\circ}\text{C}$

#### 4. Oksigen

Kebutuhan bakteri akan oksigen bisa di kelompokkan menjadi:

- Anaerob obligat, tumbuh pada kondisi tanpa adanya oksigen.
- Aerob obligat, tumbuh pada kondisi dengan adanya oksigen.

Beberapa jenis bakteri terkadang ada membutuhkan nilai kosentrasi garam yang sangat tinggi, biasanya bakteri jenis ini disebut dengan *halofilik*.

#### 2.6. State Of The Art

Penelitian yang telah dilakukan menggunakan bakteri *bacterium petrotoga sp* yang diteliti dan di *screening* untuk diterapkan dalam metode *MEOR* (Purwasena, Sugai, & Sasaki, 2010), untuk penelitian ini akan menggunakan microorganisme bakteri kompos *veses sapi*, yaitu bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus FNCC*, serta akan di coba untuk dilakukannya *mixing* antara bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus FNCC*, dimana ke dua bakteri masuk kedalam spesies *genus bacillus*, dan mampu menghasilkan metabolisme berupa gas (Sudrajat, Mulyana, & Adhari, 2014), seperti *metana* dan *butana* (Suryadi, Samudra, Priyatno, Susilowati, & Sutoro, 2015), dan pada penelitian ini akan melihat perkembangan bibit bakteri di dalam *crude oil*. Bakteri pada kompos sangat beraneka ragam, dan pemilihan bakteri dari kompos akan dipilih melalui studi literatur dan bakteri yang termasuk kedalam bakteri *termofilik*. Pengujian microorganisme bakteri akan dilakukan di UPTD laboratorium kesehatan dan lingkungan, Pekanbaru, Riau.

**Tabel 2.6.1 State Of The Art**

NO	Judul Penelitian	Bahan Baku	Metode	Hasil
1	<i>Microbial Huff and Puff Project at Mangunjaya Field Wells: The First in Indonesia Towards Successful MEOR Implementation.</i> (T. Ariadji, D. I. Astuti, P. Aditiawati, I. el al)	Microorgani sme dan nutrisi dari microorgani sme	Metode microbial Huff and Puff	Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan, pertumbuhan bakteri menunjukkan peningkatan dari $2 \times 10^3$ CFU / mL, menjadi $5 \times 10^6$ CFU / mL, selama 176 hari. Dari hasil penelitian menunjukkan Analisis Struktur bakteri yang diinjeksikan dan bakteri yang ada di reservoir tidak kompetitif.
2	<i>A Texas MEOR Application Shows Outstanding Production Improvement Due To Oil Release Effects On Relative Permeabili</i>	Microorgani sme bakteri alami	Perawatan sumur dengan injeksi microorgani sme	Injeksi di lakukan pada reservoir <i>sandstone</i> san Miguel, dan pelepasan hidrokarbon berdampak pada permeabilitas relatif yang ada di reservoir, dan memperluas nilai dari permeabilitas yang bisa di gunakan pada metode <i>MEOR</i> .

	ty (Folami Akintunji, et al )			
3	<i>Design and Execution of an MEOR Huff and Puff Pilot in a Wintershall Field (P. Aditama, E. Avbelj, and S. Reimann, et al)</i>	Nutrian mikroorgani sme bakteri	Perancang n plot pertama Huff'n Puff (HnP) yang terbatas.	Selama penginjeksian nutrisi, volume nutrisi yang di injeksikan relatif rendah dari sebelumnya, akan tetapi meskipun lebih rendah, hasil dari penginjeksian memenuhi kriteria penginjeksian.
4	<i>Estimation of the Potential of an Oil-Viscosity-Reducing Bacterium Petrotoga sp. Isolated from an Oil Field for MEOR (isty a. Purwasena, yuichi sugai and kyuro sasaki)</i>	<i>Bacterium Petrotoga sp</i>	Pemilihan media yang cocok untuk aktivitas bakteri <i>Petrotoga sp</i> pada penguranga n viskositas <i>crude oil</i>	Evaluasi dari sumber nitrogen dilakukan dan didapat, media dengan penambahan ekstrak ragi untuk meningkatkan konsentrasi maksimum.

5	Seleksi Mikroba Rizosfer Lokal Untuk Bahan Bioaktif pada Inokulan Berbasis Kompos Iradiasi (Dadang Sudrajat, Nana Mulyana dan Arief Adhari)	Bioaktif Inokulan Berbasis Iradiasi Kompos	Isolasi bakteri potensial yang berguna sebagai hormon dan pemacu hara	Bakteri yang sudah diidentifikasi sebagai <i>Bacillus circulans</i> (3 isolat), <i>Bacillus stearothermophillus</i> (1 isolat), <i>Azotobacter</i> sp (3 isolat) <i>Pseudomonas diminuta</i> (1 isolat). Kemampuan pelarutan fosfat yang tertinggi diperoleh isolat BD2 ( <i>Bacillus circulans</i> ) yaitu sebesar 91,21 mg/l dengan ukuran zona bening dalam medium pikovskaya 1,32 cm.
6	Aktivitas Anticendawan <i>Bacillus cereus</i> 11UJ terhadap <i>Rhizoctonia solani</i> dan <i>Pyricularia oryzae</i> (Yadi Suryadi*, I Made Samudra, Tri Puji Priyatno, dwi Ningsih)	Ekstrak bakteri dengan menggunakan pelarut etil asetat	Metode cakram kertas saring steril pada medium PDA.	Efek penghambatan filtrat membuktikan potensi <i>B. cereus</i> 11UJ untuk aktivitas anticendawan. Analisis pirolisis gas kromatografi spektrometri massa menunjukkan bahwa <i>B. cereus</i> 11UJ menghasilkan 3 senyawa utama, yaitu 9,19-cyclolanostan-3-ol, acetate, (3.beta.)-(CAS)

Susilowati, Puji Lestari, Sutoro)		<i>cycloartanyl acetate</i> (13.14%); 4-(2',2'- <i>dimethyl-6'-methyliden-1'-cyclohexyliden</i> )-3- <i>methyl-2-butanone</i> (9.72%); dan <i>stigmast-5-en-3-ol, oleat</i> (9.09%) yang diduga berpotensi menekan pertumbuhan patogen.
--------------------------------------	--	---



## BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini akan di lakukan dalam skala laboratorium, laboratorium yang digunakan adalah laboratorium UPTD laboratorium kesehatan dan lingkungan, Pekanbaru, Riau, untuk standar operasi pelaksanaan (SOP) akan mengikuti SOP yang ada UPTD laboratorium kesehatan dan lingkungan, Pekanbaru Riau.

### 3.1. Alat Dan Bahan

#### 3.1.1 Alat

- Gelas ukur
- Kaca objek
- Mikroskop
- Oksen
- Tabung reaksi
- Inkubator
- *Petrie dish*
- Pipet tetes
- *Tissue*
- Kertas *petfilm AC plate*

#### 3.1.2 Bahan

- Microorganisme bakteri
- *Crude oil*
- Air bersih
- Alkohol
- Air bersih
- buffer
- *blood agar*
- *Brain Heart Infusion (BHI)*

## 3.2. Prosedur Penelitian

### 3.2.1. Pengujian pH microorganism bakteri

Langkah – langkah pengujian pH microorganism bakteri sebagai berikut (Bawinto, Mongi, & Kaseger, 2015) :

1. Siapkan sampel microorganism bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus FNCC*
2. Letakkan sampel kedalam wadah gelas ukur yang berisi media BHI.
3. Masukkan kertas pH ke wadah yang telah terdapat bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus FNCC*.
4. Sebelum pH meter digunakan, pastikan terlebih dahulu pH meter dengan larutan buffer pH 7.
5. Nilai pH dibaca setelah penunjukan warna pH stabil.

### 3.2.2. Pengujian microorganism bakteri untuk bisa berkembang dan hidup di temperatur 40 °C, 60 °C, dan 80°C

Langkah – langkah pengujian microorganism bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus FNCC* terhadap temperatur dengan metode alternatif (SNI 2981 – 2009) sebagai berikut (Wahyuni & Kusumaningrum, 2013) :

1. Menyiapkan sampel bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus FNCC*.
2. Masukkan bibit bakteri kedalam gelas ukur dengan media BHI.
3. Masukkan gelas ukur kedalam inkubator dengan temperatur 40°C, 60 °C, 80 °C, setiap temperatur akan di uji selama 24 jam.
4. Catat hasil dari pengujian bakteri terhadap temperatur.

### 3.2.3. Pengujian microorganism bakteri terhadap air formasi

Pengujian microorganism bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus FNCC* terhadap air formasi dengan karakteristik densitas

0.9855  $g/cm^3$  dan salinitas 50000 ppm (Saragih, 2018), dengan langkah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan sampel bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus* FNCC.
2. Masukkan bibit bakteri kedalam wadah yang telah terisi air formasi sebanyak 15 ml.
3. Amati perkembangan dari bakteri dengan melakukan pengenceran dengan media NaCl.
4. Pengenceran dilakukan dengan pencampuran air formasi dengan media pengenceran dan di aduk selama 60 menit.
5. Ambil sampel dari hasil pengenceran secukupnya, letakkan di kertas ALT yaitu kertas *perfilm AC plate*.
6. Masukkan kedalam inkubator pada temperatur 40°C, diamkan selama 24 jam.
7. Setelah 24 jam keluarkan kertas ALT dari inkubator dan amati kertas *perfilm AC plate*.
8. Hitung total jumlah koloni yang ada dan terlihat setelah pengenceran pada kertas ALT, dengan rumus:
 
$$\text{total jumlah koloni} = \text{jumlah koloni yang terlihat} \times \text{berapa kali pengenceran}$$
9. Jika belum terbaca lakukan pengenceran kembali dengan menambahkan kelipatan pengenceran. Pengenceran dilakukan hingga bakteri bisa terbaca di kertas ALT, dari  $10^1$  hingga  $10^6$  pengenceran.
10. Catat hasil dari pengujian kultivasi bakteri terhadap air formasi dengan satuan CFU.
11. Lakukan kembali langkah 1 sampai 6 dengan sampel bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus* FNCC yang telah di *mixing*.

### 3.2.4. Pengujian microorganisme bakteri terhadap *crude oil*

Pengujian microorganisme bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus FNCC* terhadap *crude oil* dengan karakteristik densitas  $0.8732 \text{ g/cm}^3$  dan viskositas 13.53 cp (Spr.Langgak, n.d.), dengan langkah sebagai berikut :

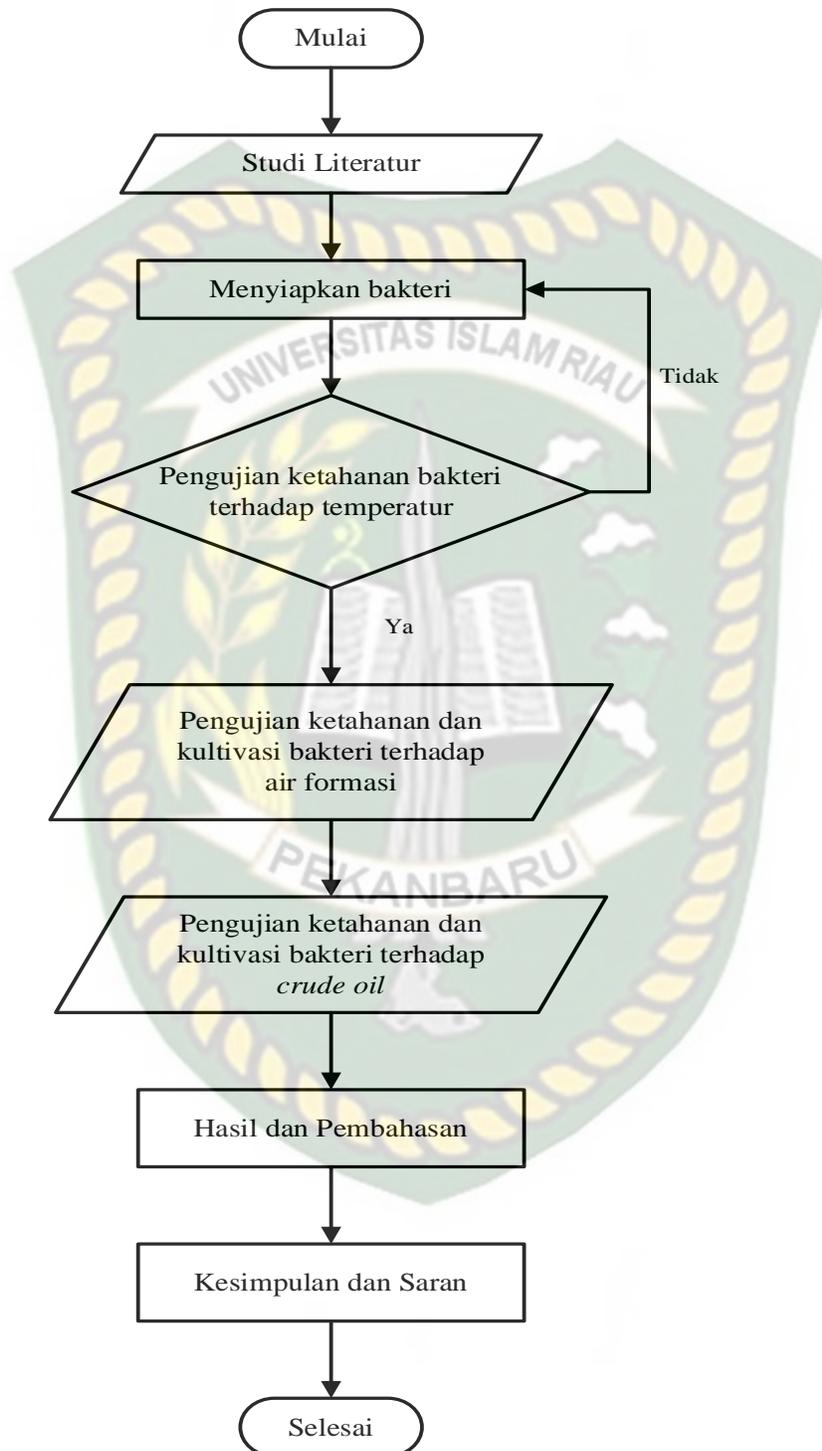
1. Mempersiapkan sampel bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus FNCC*.
2. Masukkan bibit bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus FNCC* kedalam wadah yang telah di isi *crude oil* 15 ml.
3. Amati perkembangan dari bakteri dengan melakukan pengenceran dengan media NaCl.
4. Pengenceran dilakukan dengan pencampuran *crude oil* dengan media pengenceran dan di aduk selama 60 menit.
5. Ambil sampel dari hasil pengenceran secukupnya, letakkan di kertas ALT yaitu kertas *perfilm AC plate*.
6. Masukkan kedalam inkubator pada temperatur  $40^{\circ}\text{C}$ , diamkan selama 24 jam.
7. Setelah 24 jam keluarkan kertas ALT dari inkubator dan amati kertas *perfilm AC plate*.
8. Hitung total jumlah koloni yang ada dan terlihat setelah pengenceran pada kertas ALT, dengan rumus:
 
$$\text{total jumlah koloni} = \text{jumlah koloni yang terlihat} \times \text{berapa kali pengenceran}$$
9. Jika belum terbaca lakukan pengenceran kembali dengan menambahkan kelipatan pengenceran. Pengenceran dilakukan hingga bakteri bisa terbaca di kertas ALT, dari  $10^1$  hingga  $10^6$  pengenceran.
10. Catat hasil dari pengujian kultivasi bakteri terhadap *crude oil* dengan satuan CFU.
11. Lakukan kembali langkah 1 sampai 7 dengan sampel bakteri *bacillus cereus* dan *bacillus stearothermophilus FNCC* yang telah di *mixing*.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

**Perpustakaan Universitas Islam Riau**

### 3.3. Flow Chart



### 3.4. Jadwal Penelitian

Pada penelitian ini adapun jadwal penelitian yang akan dilakukan sebagai berikut:

**Tabel 3.4.1** Jadwal Penelitian

TAHAP PENELITIAN	Tahun 2020 - 2021						
	Sept emb er	Okt ober	Nove mber	Dese mber	Janu ari	Febru ari	Mar et
Studi Literatur							
Persiapan alat dan bahan penelitian							
Uji pH							
Proses pengembangan microorganismes bakteri							
Uji kemampuan bakteri terhadap temperatur							
Uji kemampuan bakteri terhadap air formasi dan <i>crude oil</i>							
Pengolahan data							
Analisa hasil dan pembahasan							

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan dan memaparkan hasil dari pemanfaatan bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC*, yang mampu berkembang dan hidup dikarakteristik yang ada direservoir, dengan karakteristik bakteri yang mampu berkembang di *crude oil*, air formasi, dan temperatur yang ada direservoir, pada bab ini juga memberi ulasan kemampuan bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC*, terhadap keterbasaan ataupun ke asaman dengan menguji pH meter, dimana sesuai dengan tujuan dari penelitian microorganism bakteri di uji untuk *screening* penggunaan bakteri kompos yaitu bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* dalam metode *EOR* yaitu metode *microbial EOR*. Pada veses sapi juga terdapat banyak sekali microorganism bakteri yang lainnya seperti *bacillus circulans*, *Azotobacter*, *Pseudomonas diminuta*, dan lain lainnya, tetapi kenapa menggunakan bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC*, dimana bakteri *bacillus cereus* telah pernah dilakukan pengujian *surface* dalam penanganan *wax deposited* dan untuk bakteri *bacillus stearothermophilus FNCC* telah di temukan pada sumber air panas (Laini & Napoleon, 2014), yang dimana bahwa bakteri ini mampu untuk berkembang pada tekanan dan temperatur yang berada di bawah permukaan, kedua bakteri juga masuk kedalam gram positif dan *genus bacillus* yang dimana *genus* bakteri ini mampu menghasilkan endospora, yang membuat bakteri mampu berkembang dalam keadaan yang tidak ideal.

Bakteri *bacillus cereus* adalah bakteri yang berbentuk batang (*bacillus*) berspora yang hidup secara *aerob* maupun *anaerob*, dan memiliki gram positif, bakteri ini bisa ditemukan di tanah, veses hewan, dan juga berada dimakanan. Spora yang di hasilkan bakteri ini mampu bertahan pada temperatur yang tinggi dan pada proses dehidrasi (Amanati, 2014). Bakteri *bacillus stearothermophilus FNCC* adalah bakteri yang berbentuk batang (*bacillus*) yang mampu hidup secara *aerob* maupun *anaerob* dan termasuk kedalam devisi *firmicutes* yang mampu menghasilkan warna membran merah seperti gram negatif namun bakteri ini memiliki gram positif warna yang di

hasilkan di karenakan endospora yang di hasilkan memilik pori yang cukup besar, dan tumbuh di berbagai media seperti, tanah, sumber mata air panas, *veses* hewan, dan dilautan. Bakteri ini mampu berkembang pada temperatur 35°C - 75°C (Nazina et al., 2001).

#### 4.1. Hasil uji pH bakteri

Pengujian pH dilakukan untuk melihat kemampuan bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* mampu berkembang pada pH basa atau asam, hasil dari pengukuran pH ini bisa di lihat pada tabel 4.1.1:

**Tabel 4.1.1** Hasil pengujian bakteri terhadap pH.

Sampel	PH
<i>bacillus cereus</i>	6
<i>bacillus stearothermophilus FNCC</i>	6.3

Hasil pengujian pH memperlihatkan dimana bakteri *bacillus cereus* mampu bertahan pada pH 6 dan, *bacillus stearothermophilus FNCC* mampu bertahan pada pH 6.3, dimana kedua nilai pH tersebut masuk kedalam pH asam, karena berada di bawah 7, nilai kedua pH tersebut adalah nilai pH optimum dari kedua bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC*. Hasil nilai perhitungan uji pH yang menyatakan nilai dibawah 7 menandakan ke dua bakteri yang di uji bisa di injeksikan kedalam reservoir yang memiliki nilai pH berkisar antara 6 – 7, (Jumawita, Agustien, & Tjong, 2014), jika keadaan reservoir memiliki nilai pH di luar *range* tersebut kemungkinan besar kedua bakteri tersebut tidak mampu untuk berkembang dan akan mati.

#### 4.2. Hasil inkubator bakteri

Inkubasi bakteri dilakukan dengan 3 temperatur yang berbeda yaitu 40°C, 60°C, dan 80 °C, setiap temperatur akan di inkubasi selama 24 jam, dimana di konversikan ke dalam satuan temperatur reservoir menjadi Fahrenheit (°F) dengan rumus :

$$\left( ^\circ\text{C} \times \frac{9}{5} \right) + 32 = ^\circ\text{F} \quad \text{maka,}$$

$$\left( 40^\circ\text{C} \times \frac{9}{5} \right) + 32 = 104^\circ\text{F}$$

$$\left( 60^\circ\text{C} \times \frac{9}{5} \right) + 32 = 140^\circ\text{F}$$

$$\left( 80^\circ\text{C} \times \frac{9}{5} \right) + 32 = 176^\circ\text{F}$$

Hasil dari konversi yang dilakukan memperlihatkan bahwa temperatur yang digunakan adalah temperatur rata – rata reservoir yang ada di Indonesia. Untuk *screening microbial EOR* sendiri tidak memiliki *range* yang jelas terhadap temperatur karena penentuan temperatur yang cocok digunakan pada *microbial EOR* akan di tentukan dari ketahanan dan kemampuan kultivasi dari microorganisme bakteri untuk tumbuh dan berkembang secara optimum pada temperatur yang telah di tentukan.

Inkubasi dilakukan dengan tujuan melihat kemampuan bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* untuk bisa berkembang atau kultivasi pada temperatur yang diinginkan. Berdasarkan uji yang dilakukan bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC*, maka kemampuan bakteri untuk berkembang di temperatur 40°C, 60°C, dan 80°C, dapat di lihat pada tabel:

**Tabel 4.2.1** kemampuan bakteri berkembang pada temperatur 40°C, 60°C, dan 80°C

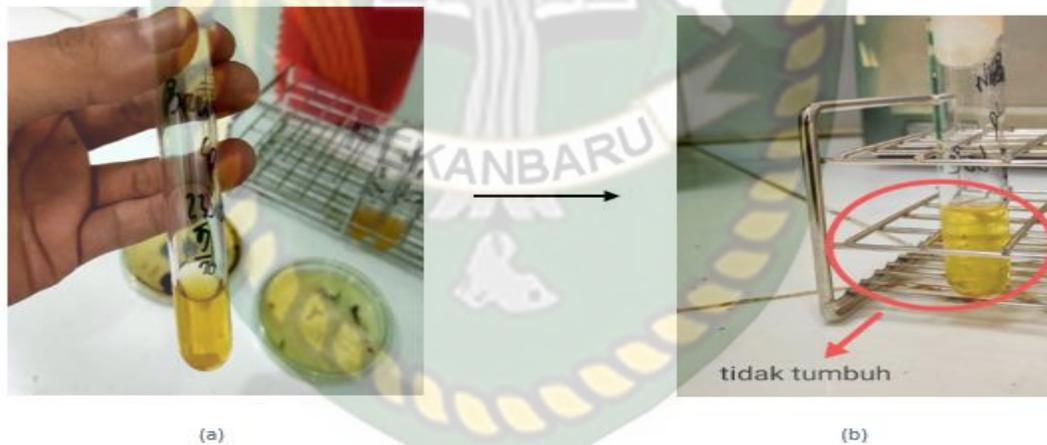
Sampel	40°C	60°C	80°C
<i>bacillus cereus</i>	✓	<b>X</b>	x
<i>bacillus stearothermophilus FNCC</i>	✓	X	x

Perkembangan bakteri dilihat dari perubahan pada wadah *Brain Heart Infusion* (BHI) yang memperlihatkan bahwa bakteri dapat berkembang atau tidak, wadah BHI merupakan wadah yang digunakan secara khusus untuk perkembangan microorganism bakteri, BHI memiliki kandungan yang kaya akan nutrisi, bahan utama dari BHI ini adalah jaringan hewan dan ditambahkan buffer posfat, pepton, dan dekstrosa. Bakteri *bacillus cereus* mampu berkembang pada temperatur 40°C, ditandai dengan perubahan wadah BHI menjadi lebih keruh, dan di lihat melalui mikroskop, tetapi pada temperatur 60°C, dan 80°C tidak adanya tanda – tanda dari perkembangan bakteri *bacillus cereus* karena tidak adanya perubahan dari wadah BHI. Bakteri *bacillus stearothermophilus FNCC* memperlihatkan hasil yang sama dimana bakteri *bacillus stearothermophilus FNCC*, mampu untuk berkembang di temperatur 40°C, namun pada temperatur 60°C, dan 80°C bakteri *bacillus stearothermophilus FNCC* tidak dapat berkembang, tidak dapatnya bakteri untuk berkembang pada temperatur 60°C, dan 80°C, disebabkan karena seringnya terjadi pemindahan bakteri pada saat sebelum dilakukannya pengujian bakteri terhadap temperatur yang mengakibatkan bakteri tidak mampu berkembang secara baik pada temperatur 60°C, dan 80°C. Pemindahan bakteri dilakukan untuk mempertahankan bakteri tetap berkembang, jika tidak dilakukannya perpindahan wadah pertumbuhan bakteri akan menyebabkan bakteri tidak mampu untuk berkembang.

Pemindahan bakteri secara tidak langsung akan mempengaruhi sistem perkembangan bakteri dan karakter dari bakteri, yang dimana bakteri akan beradaptasi terhadap lingkungan tempat bakteri berkembang. Perpindahan bakteri terus di lakukan selama 3 – 4 hari sebelum dilakukannya pengujian temperatur yang berdampak kepada sistem kerja dari bakteri yang di ujikan. Perpindahan bakteri di lakukan setelah isolasi bakteri dari *veses* sapi yang bertujuan untuk mempertahankan pertumbuhan bakteri setelah di lakukan isolasi dari *veses* sapi.

Karena tidak berhasilnya pengujian bakteri pada temperatur 60°C, dan 80°C maka pada penelitian ini mencoba menurunkan temperatur menjadi 50°C, pengujian pada temperatur 50°C dilakukan untuk melihat kemampuan maksimum dari bakteri *Bacillus cereus*, dan *Bacillus stearothermophilus* FNCC tahan terhadap temperatur yang tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedua bakteri mampu bertahan pada temperatur 50°C.

Pertumbuhan bakteri yang memperlihatkan tidak terjadinya kultivasi bakteri pada media *Brain heart infusion* (BHI) dapat dilihat pada gambar 4.2.1 yang memperlihatkan bahwa tidak adanya perkembangan bakteri pada wadah *Brain heart infusion* (BHI), dimana wadah BHI yang masih steril dimasukkan bibit dari bakteri, dan di inkubasi selama 24 jam, setelah inkubasi selama 24 jam tidak adanya perubahan warna pada wadah BHI yang menjadi indikator bahwa bakteri tidak berhasil untuk berkembang dan hidup pada temperatur inkubator yang telah diatur sebelumnya.



**Gambar 4.2.1** Tidak adanya kultivasi bakteri.

(a) Wadah BHI yang belum di lakukannya pengujian, (b) setelah di lakukannya pengujian, namun tidak ada perubahan warna pada media BHI.

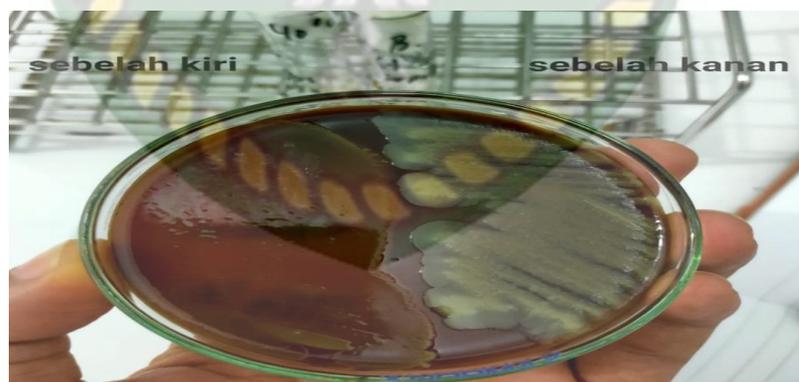
Pertumbuhan bakteri yang menunjukkan terjadinya kultivasi bakteri pada media BHI dapat dilihat pada gambar 4.2.2 dimana terjadinya perubahan warna menjadi

keruh, yang menjadi indikator bahwa bakteri mampu untuk berkembang dan hidup, dimana keberhasilan dari kultivasi bakteri ini di tentukan dari temperatur yang ditentukan pada saat inkubator.



**Gambar 4.2.2** Terjadinya perubahan wadah BHI.

Selain menggunakan wadah BHI pengujian ketahanan bakteri terhadap temperatur juga di lakukan pada wadah *blood agar* yang terbuat dari serum darah domba dengan tambahan NaCl, pepton, dan agar. Wadah BHI berbentuk cairan sedangkan *blood agar* berbentuk padat, pengujian juga di lakukan pada wadah *blood agar* bertujuan untuk memastikan kebenaran dari hasil yang didapat dari uji temperatur ini.



**Gambar 4.2.3** Pertumbuhan bakteri pada *blood agar*.

Sebelah kiri bakteri *Bacillus cereus*, dan sebelah kanan bakteri *Bacillus stearothermophilus FNCC*.

Pada pengujian *blood agar* mendapat hasil yang sama pada pengujian yang di lakukan pada wadah BHI, dimana validasi dari pengujian pertumbuhan bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* pada temperatur 40°C, 60°C, dan 80 °C sudah sangat tepat. Hasil inkubasi yang di lakukan terhadap bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* mendapatkan hasil bahwa kedua bakteri bisa bertahan di temperatur 40°C dan 50°C, yang berarti kedua bakteri memenuhi *screening* mikroorganisme bakteri untuk pengaplikasian metode *Microbial EOR*, yang dimana *screening* kriteria *MEOR* terhadap temperatur berada di 80 °F - 170 °F, dimana jika di konversi menjadi celcius menjadi 27°C - 77°C, meskipun berkisaran dari temperatur yang rendah namun untuk keadaan reservoir di Indonesia sendiri berkisaran di antara 40°C - 80°C. Maka bakteri ini masuk kedalam kandidat mikroorganisme yang bisa di gunakan untuk *microbial EOR* dengan kisaran temperatur reservoir 40°C dan 50°C atau 104°F dan 122°F, dimana temperatur tersebut masuk kedalam *screening MEOR* dan juga temperatur rata – rata reservoir yang ada di Indonesia.

#### **4.3. Pewarnaan gram bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC***

Pewarnaan gram dilakukan untuk mengidentifikasi bakteri yang telah dilakukan penelitian, proses pewarnaan gram ini sangat penting, karena untuk memastikan bakteri yang tumbuh di atas media pengujian seperti *Brain heart infusion* (BHI), *blood agar*, air formasi, dan *crude oil* adalah bakteri yang benar atau bakteri yang sedang di uji.

Pada studi literatur yang di lakukan bahwa bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* adalah bakteri gram positif dimana zat warna atau pigmen akan mempertahankan kristal violet pada saat di lakukan pewarnaan gram maka akan membentuk warna biru atau ungu ketika di lihat menggunakan mikroskop. Pada pengujiannya bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* yang di letakkan di kaca objek di basahi dengan larutan *crystal violet*, *ammonium oxalate*, *ethyl alcohol*, dan *demineralized water*. Pada pengujian bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus*

*stearotherphilus FNCC* kedua bakteri mengikat kristal violet dan berwarna ke ungu ketika di lihat dari mikroskop dan tanpa mikroskop.



**Gambar 4.3.1** Pengujian gram bakteri.

*bacillus cereus*, dan *bacillus stearotherphilus FNCC* saat dilakukan pengujian gram dan dilihat tanpa menggunakan mikroskop



**Gambar 4.3.2** Hasil pewarnaan gram.

(a). *bacillus cereus*, dan (b) *bacillus stearotherphilus FNCC* pewarnaan gram dan dilihat dengan menggunakan mikroskop

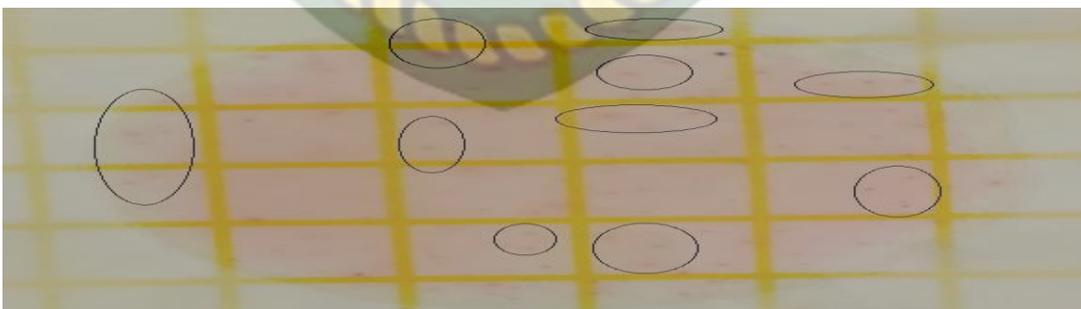
#### 4.4. Hasil kemampuan bakteri berkembang dan hidup di air formasi

Pengujian bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearotherphilus FNCC* terhadap air formasi dilakukan pada temperatur 40°C, dimana pada pengujian bakteri terhadap air formasi ini juga dilakukan *mixing* antara bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearotherphilus FNCC*, pengujian dilakukan untuk melihat kemampuan bakteri berkembang dan kultivasi bakteri di air formasi, hasil dari pengujian bakteri

*bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus* FNCC terhadap air formasi, dan juga di lakukan pengujian penggabungan antara ke dua bakteri tersebut dengan media air formasi, dimana kloni bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus* FNCC ditempatkan pada satu media yang sama atau yang dikenal dengan *mixing*, dengan tujuan melihat perkembangan dan kultivasi bakteri lebih baik atau tidak pada media air formasi, hasil pengujian dapat di lihat pada tabel 4.4.1. Pengujian dilakukan dengan media air formasi yang memiliki salinitas 50000 ppm, dan nilai pH 6.7. Hasil kultivasi atau jumlah pertumbuhan bakteri didapat dari perhitungan menggunakan metode Angka Lempeng Total (ALT), dengan menggunakan rumus:

*total jumlah koloni = jumlah koloni yang terlihat × berapa kali pengenceran*

Jumlah kloni yang terlihat didapat dari hasil inkubasi bakteri terhadap temperatur, dan melalui proses pengenceran. Pada air formasi bakteri yang terlihat dapat di lihat pada gambar 4.4.1. Dengan proses pengenceran sebanyak 6 kali, pengenceran di lakukan sebanyak 6 kali dikarenakan pada pengenceran 3 kali, bakteri masih sangat banyak yang tumbuh serta ikut terbaca dan tidak terlihat dengan jelas titik kloni yang tumbuh, yang mengakibatkan kesulitan untuk melihat dan menghitung satu kloni yang tumbuh, dikarenakan itu pengenceran di lakukan sebanyak 6 kali mengikuti SOP laboratorium UPTD. Banyaknya microorganisme yang tumbuh di media air formasi dikarenakan rantai karbon dan molekul yang ada di air formasi tidak sebesar *crude oil*, yang memudahkan bakteri untuk melakukan metabolisme dan berkembang.



**Gambar 4.4.1** Hasil pengenceran media air formasi.

Bakteri yang terlihat pada air formasi setelah pengenceran dilakukan, dimana setiap satu titik yang terlihat adalah satu kloni bakteri yang tumbuh pada media air formasi.

**Tabel 4.4.1** hasil uji bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* pada media air formasi.

Sampel	kultivasi kloni (CFU/ml)
<i>bacillus cereus</i>	$16 \times 10^7$
<i>bacillus stearothermophilus FNCC</i>	$20 \times 10^6$
Mixing <i>bacillus cereus</i> , dan <i>bacillus stearothermophilus FNCC</i>	$24 \times 10^6$

Dari hasil pengujian bakteri terhadap air formasi memberikan hasil pengujian dimana bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* mampu untuk hidup dan bertahan dengan air formasi tersebut, dimana air formasi yang di lakukan pengujian memiliki nilai salinitas 50000 ppm, dan nilai pH 6.7 dimana ini adalah pH dari air formasi, namun pH bakteri berkisaran 6 – 6.3, tetapi microorganisme bakteri mampu bertahan di pH air formasi dikarenakan gram positif dari bakteri yang mampu menghasilkan endospora untuk berkembang dalam keadaan tidak ideal untuk bakteri itu sendiri.

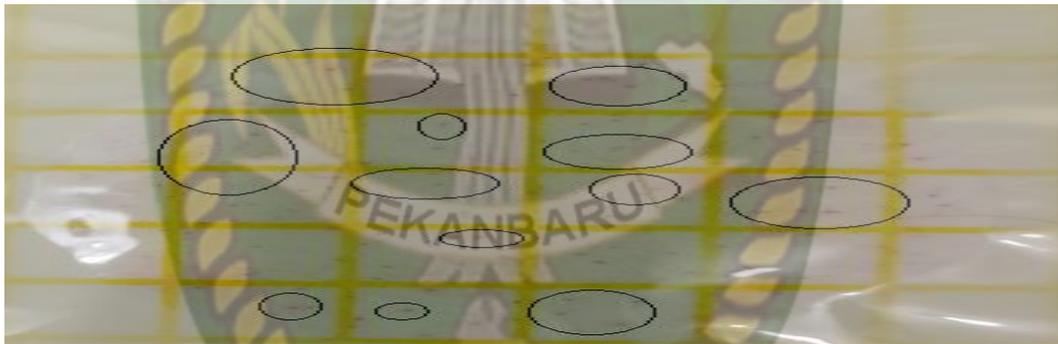
#### 4.5. Hasil kemampuan bakteri berkembang dan hidup di *crude oil*

Pengujian bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* terhadap *crude oil*, dilakukan pada temperatur 40°C, dimana pada pengujian bakteri terhadap *crude oil* ini juga dilakukannya pengujian penggabungan antara ke dua bakteri tersebut dengan media *crude oil*, dimana kloni bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* diletakkan di satu media yang sama atau sering disebut dengan *mixing*, pengujian dilakukan untuk melihat kemampuan bakteri berkembang dan berkultivasi lebih baik atau tidak pada media *crude oil*, hasil dari pengujian bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* terhadap *crude oil*, dapat dilihat pada tabel 4.5.1. Dimana pengujian dilakukan pada *crude oil* yang memiliki densitas  $0.8732 \text{ g/cm}^3$  dan viskositas 13.53 cp. Hasil kultivasi atau jumlah

pertumbuhan bakteri didapat dari perhitungan menggunakan metode Angka Lempeng Total (ALT), dengan menggunakan rumus:

$$\text{total jumlah koloni} = \text{jumlah koloni yang terlihat} \times \text{berapa kali pengenceran}$$

Jumlah kloni yang terlihat didapat dari hasil inkubasi bakteri terhadap temperatur, dan melalui proses pengenceran. Pada air formasi bakteri yang terlihat dapat di lihat pada gambar 4.5.1. Dengan proses pengenceran sebanyak 3 kali pengenceran, pengenceran dilakukan hanya sebanyak 3 kali karena pada pengenceran tahap 3 sudah terlihat dengan jelas dari pertumbuhan kloni bakteri, karena bakteri tumbuh tidak sebanyak pada media air formasi, dikarenakan rantai hidrokarbon pada *crude oil* sangat kompleks dan memiliki molekul yang besar (Ani Juliani; Anisa nurlathifa dan aisyah, 2018), yang mengakibatkan bakteri tidak dapat berkembang sebaik pada media air formasi.



**Gambar 4.5.1** Hasil pengenceran media *crude oil*.

Bakteri yang terlihat pada *crude oil* setelah pengenceran dilakukan, dimana setiap satu titik yang terlihat adalah satu kloni bakteri yang tumbuh pada media *crude oil*.

**Tabel 4.5.1** Hasil uji bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* pada media *crude oil*.

Sampel	kultivasi kloni pada <i>crude oil</i> (CFU/ml)
<i>bacillus cereus</i>	$2 \times 10^1$
<i>bacillus stearothermophilus FNCC</i>	$12 \times 10^5$

<i>Mixing bacillus cereus, dan bacillus stearothermophilus FNCC</i>	54 x 10 <sup>3</sup>
---	----------------------

Hasil dari pengujian memperlihatkan bahwa bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus FNCC* mampu untuk berkembang di media *crude oil* dengan karakteristik densitas 0.8732 g/cm<sup>3</sup> dan viskositas 13.53 cp, bakteri *bacillus stearothermophilus FNCC* merupakan kandidat dengan pertumbuhan terbaik dengan hasil 12x10<sup>5</sup>CFU/ml. Pertumbuhan bakteri *bacillus cereus* sebanyak 2 x 10<sup>1</sup>CFU/ml merupakan hasil yang tidak optimal dari bakteri *bacillus cereus*, yang dimana pada media air formasi bakteri *bacillus cereus* mampu menghasilkan perkembangan sebanyak 16 x 10<sup>7</sup>FCU/ml, di karenakan kemampuan bakteri *bacillus cereus* yang tidak memiliki kapasitas yang baik untuk menggunakan *crude oil* sebagai energi untuk melakukan metabolismenya.

Bakteri *bacillus stearothermophilus FNCC* mampu untuk berkembang dengan baik pada media *crude oil* dengan pertumbuhan 12 x 10<sup>5</sup>FCU/ml, dan pada media air formasi sebanyak 20 x 10<sup>6</sup>FCU/ml, pertumbuhahn pada media *crude oil* tidak sebaik pada media air formasi di karenakan berat molekul dan ukuran molekul dari *crude oil* cukup besar yang mengakibatkan penurunan jumlah pertumbuhan bakteri pada media *crude oil* namun hasilnya lebih baik dari bakteri *bacillus cereus*, seta ketika kedua bakteri di gabungkan (*mixing*) pada media yang sama yaitu media *crude oil* mendapat hasil yang tidak maksimal dengan hasil 54 x 10<sup>3</sup>FCU/ml. Dari hasil penelitian ini bakteri *bacillus stearothermophilus FNCC* adalah bakteri dengan jumlah pertumbuhan bakteri di media air formasi dan *crude oil* yang memiliki hasil yang stabil dan merupakan kandidat yang baik jika di gunakan pada pengaplikasian *microbial EOR*.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. KESIMPULAN

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Microorganism bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus* FNCC mampu bertahan pada temperatur 40°C, dan 50°C, dan bakteri ini mampu untuk berkembang dalam karakteristik *reservoir*.
2. Microorganism bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus* FNCC mampu berkembang di media air formasi, dengan salinitas 50000 ppm.
3. Microorganism bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus* FNCC mampu berkembang di media *crude oil*, dengan karakteristik densitas 0.8732 g/cm<sup>3</sup> dan viskositas 13.53 cp.

### 5.2. SARAN

Setelah penelitian dilakukan, didapat beberapa saran yang bisa di rekomendasikan, sebagai berikut:

1. Meneliti hasil dan jumlah dari metabolite dari bakteri Microorganism bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus* FNCC.
2. Penelitian selanjutnya dengan menguji Microorganism bakteri *bacillus cereus*, dan *bacillus stearothermophilus* FNCC dengan metode *coreflooding*.
3. Melakukan studi menggunakan software seperti *CMG Star 2017*, atau *Tnavigator*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Sulaimani, H., Al-Wahaibi, Y., Al-Bahry, S., Elshafie, A., Al-Bemani, A., Joshi, S., & Zargari, S. (2010). Experimental investigation of biosurfactants produced by *Bacillus* species and their potential for MEOR in Omani oil field. *SPE EOR Conference at Oil and Gas West Asia 2010, OGWA - EOR Challenges, Experiences and Opportunities in the Middle East*, 378–386. <https://doi.org/10.2118/129228-ms>
- Alkan, H., Biegel, E., Krüger, M., Sitte, J., Kogler, F., Bultemeier, H., ... Hatscher, S. (2014). An integrated MEOR project; Workflow to develop a pilot in a German field. *SPE - DOE Improved Oil Recovery Symposium Proceedings*, 3, 1649–1662. <https://doi.org/10.2118/169151-ms>
- Alkan, H., Kögler, F., & Dopffel, N. (2017). Numerical assessment of biogenic souring and its inhibition in a MEOR field pilot. *Society of Petroleum Engineers - SPE Europec Featured at 79th EAGE Conference and Exhibition*, 207–220. <https://doi.org/10.2118/185834-ms>
- Amanati, L. (2014). Uji Bakteri *Staphylococcus Aureus* Dan *Bacillus Cereus* Pada Produk Mi Instan Yang Beredar Di Pasaran ( *Staphylococcus Aureus* And *Bacillus Cereus* Bacteria Test On Instant Noodle Products At The Market ). *Berita Litbang Industri*, 3(2), 73–80.
- Ani Juliani; Anisa nurlathifa dan aisyah. (2018). *pengaruh penambahan kobsutrat pada biodegradasi crude oil*. 8(April), 1–11.
- Ariadji, T., Astuti, D. I., Aditiawati, P., Purwasena, I. A., Persada, G. P., Soeparmono, M. R., ... Aditya, G. H. (2017). Microbial huff and puff project at Mangunjaya field wells: The first in Indonesia towards successful MEOR

implementation. *Society of Petroleum Engineers - SPE/IATMI Asia Pacific Oil and Gas Conference and Exhibition 2017, 2017-Janua.*

<https://doi.org/10.2118/186361-ms>

Bawinto, A. S., Mongi, E. L., & Kaseger, B. E. (2015). Analisa kadar air, ph, organoleptik, dan kapang pada produk ikan tuna (*thunnus sp*) asap, di kelurahan girian bawah, kota bitung, sulawesi utara. *Media Teknologi Hasil Perikanan*, 3(2), 55–65. <https://doi.org/10.35800/mthp.3.2.2015.10355>

Bültemeier, H., Alkan, H., & Amro, M. (2014). A new modeling approach to MEOR calibrated by bacterial growth and metabolite curves. *Society of Petroleum Engineers - SPE EOR Conference at Oil and Gas West Asia 2014: Driving Integrated and Innovative EOR*, (2011), 104–118.

<https://doi.org/10.2118/169668-ms>

Didimus, boleg tanah. (2015). *bakteriologi konsep dasar*.

Gachuz-muro, H., Watt, H., & Sohrabi, M. (2014). *Smart Water Injection for Heavy Oil Recovery from Naturally Fractured*.

Guo, H., Li, Y., Yiran, Z., Wang, F., Wang, Y., Yu, Z., ... Xian, G. (2015). Progress of microbial enhanced oil recovery in China. *Society of Petroleum Engineers - SPE Asia Pacific Enhanced Oil Recovery Conference, EORC 2015*, 1422–1437.

<https://doi.org/10.2118/174697-ms>

Holderman, M. V, Queljoe, E. De, Rondonuwu, S. B., & Biologi, P. S. (2017).

Identification Of Bacteria In Handrail Escalator on. *Jurnal Ilmiah Sains*, 17(1), 13–18.

Jumawita, Agustien, A., & Tjong, D. H. (2014). Karakterisasi Bakteri Amilo-

Termofilik Obligat dari Sumber Air Panas Semurup , Sungai Penuh. *Jurnal*

*Biologi Universitas Andalas*, 3(3), 249–253.

Kaczmarczyk, R., College, I., Herbas, J., Oil, T., Castillo, J. Del, & Oil, T. (2013). *SPE 166583 Approximations of Primary, Secondary and Tertiary Recovery Factor in Viscous and Heavy Oil Reservoirs*.

Laini, R. E., & Napoleon, A. munawar. (2014). *Isolasi Bakteri Termofilik Penghasil Biosurfaktan yang Ber-potensi sebagai Agen MEOR ( Microbial Enhanced Oil Recovery ) dari Sumur Minyak di Sungai Angit*. 17, 9–13.

Nabilou, A. (2016). *Best Method for Enhanced Oil Recovery from Sarvak Reservoir and Analyse Sensitive Parameters*. (September), 1–105.

Nazina, T. N., Tourova, T. P., Poltarau, A. B., Novikova, E. V., Grigoryan, A. A., Ivanova, A. E., ... Ivanov, M. V. (2001). Taxonomic study of aerobic thermophilic bacilli: Descriptions of *Geobacillus subterraneus* gen. nov., sp. nov. and *Geobacillus uzenensis* sp. nov. from petroleum reservoirs and transfer of *Bacillus stearothermophilus*, *Bacillus thermocatenulatus*, *Bacillus th.* *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 51(2), 433–446. <https://doi.org/10.1099/00207713-51-2-433>

Nnaemeka Ezekwe. (2010). petroleum resevoir engineering practice. In *prentice hall*.

Purwasena, I. A., Sugai, Y., & Sasaki, K. (2010). Estimation of the potential of an oil-viscosity-reducing bacterium *Petrotoga* sp. isolated from an oil field for MEOR. *Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition*, 5(i), 3640–3650. <https://doi.org/10.3997/2214-4609-pdb.151.iptc13861>

Riskawati. (2016). *Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Patogen pada Tanah Di Lingkungan Tempat Pembuangan Akhir Sampah (TPAS) Kota Makassar*. 8–38.

Rita, N. (n.d.). *Studi Mekanisme Injeksi Surfaktan-Polimer pada Reservoir Berlapis*

*Lapangan NR Menggunakan Simulasi Reservoir A Study On Surfactant-Polymer Injection Mechanism In Stratified Reservoirs Of NR Field Using Reservoir Simulation NR , tetapi hasil yang diperoleh.*

- Safdel, M., Anbaz, M. A., Daryasafar, A., & Jamialahmadi, M. (2017). Microbial enhanced oil recovery , a critical review on worldwide implemented fi eld trials in di ff erent countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74(October 2016), 159–172. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.045>
- Saragih, m. F. S. (2018). *Analisis pengaruh electrical power , injection time , dan jumlah siklus terhadap intermittent electromagnetic heating.*
- Sidabutar, N. V. (2012). Peningkatan Kualitas Kompos UPS Permata Regency dengan Penambahan Kotoran Ayam Menggunakan Windrow Composting. *Skripsi*, 155.
- Spr.Langgak. (n.d.). *oil and water analysis 8.pdf.*
- Sudrajat, D., Mulyana, N., & Adhari, A. (2014). Seleksi mikroba rizosfer lokal untuk bahan bioaktif pada inokulan berbasis kompos iradiasi. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 10(1), 23–34.
- Suryadi, Y., Samudra, I., Priyatno, T., Susilowati, D., & Sutoro, S. (2015). Antifungal Activity of Bacillus cereus 11UJ against Rhizoctonia solani and Pyricularia oryzae. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 11(2), 35–42. <https://doi.org/10.14692/jfi.11.2.35>
- Talabi, O., Didanloo, A., Harun, M. F., & Traboulay, I. (2019). *SPE-194663-MS An Integrated Operations Framework for Enhanced Oil Recovery EOR Management.*
- Wahyuni, I., & Kusumaningrum, H. D. (2013). *Asam Laktat Pada Produk Susu*

*Skripsi.*

Yuli Astuti Hidayati, Ellin Harlia, T. B. dan A. K. (2010). Identifikasi Jamur Dan Bakteri Pada Proses. *Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran*, 77–83.

Zhaowei, H., Xumou, D., Rui, J., Rui, W., Yanling, W., Wei, L., & Co, D. O. (2011). *SPE 143952 The Application of Microbial Enhanced Oil Recovery in Daqing Oilfields*. 0(July), 19–21.

