

**PENENTUAN *OIL RECOVERY* PADA SUMUR MINYAK TUA MENGGUNAKAN  
BIOSURFAKTAN BAKTERI *Pseudomonas citronellolis* DENGAN VARIASI KADAR  
GARAM, pH DAN TEMPERATUR**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



**Oleh:**

**NUR FAUZIYAH AL QISTHI**

**08031381520048**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENENTUAN *OIL RECOVERY* PADA SUMUR MINYAK TUA  
MENGUNAKAN BIOSURFAKTAN BAKTERI *Pseudomonas citronellolis*  
DENGAN VARIASI KADAR GARAM, pH DAN TEMPERATUR**

**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Bidang Studi Kimia

Oleh :

**NUR FAUZIYAH AL QISTHI**

**08031381520048**

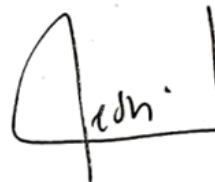
Indralaya, 31 Juli 2019

**Pembimbing I**



**Dr. Bambang Yudono, M.Sc**  
**NIP. 196102071989031001**

**Pembimbing II**



**Dr. Desnelli, M.Si**  
**NIP. 196912251997022001**

**Mengetahui,**

**Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Prof. Dr. Iskhag Iskandar, M.Sc**

**NIP. 197210041997021001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa skripsi ini dengan judul "Penentuan *Oil Recovery* Pada Sumur Minyak Tua Menggunakan Biosurfaktan Bakteri *Pseudomonas citronellolis* dengan Variasi Kadar Garam, pH dan Temperatur" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Sidang Sarjana Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada tanggal 30 Juli 2019 dan telah diperbaiki, diperiksa, serta disetujui sesuai masukan yang diberikan.

Indralaya, 31 Juli 2019


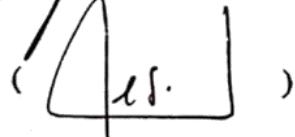



Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Skripsi

**Ketua :**

1. **Dr. Bambang Yudono, M.Sc**  
NIP. 196102071989031001

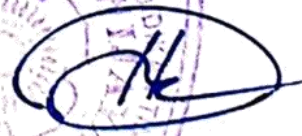
**Anggota :**

2. **Dr. Desnelli, M.Si**  
NIP. 196912251997022001
3. **Dr. Ady Mara, M.Si**  
NIP. 196404301990031003
4. **Drs. Almunadi T. Panagan, M.Si**  
NIP. 196011081994021001
5. **Nova Yuliasari, M.Si**  
NIP. 197307261999032001

()  
()  
()  
()  
()

Mengetahui

  
**Dekan FMIPA**  
**Prof. Dr. Iskhak Iskandar, M.Sc**  
NIP. 197210041997021001

  
**Ketua Jurusan Kimia**  
**Dr. Dedi Rohendi, M.T**  
NIP. 196704191993031001

## PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : Nur Fauziyah Al Qisthi  
NIM : 08031381520048  
Fakultas/Jurusan : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam/Kimia

Menyatakan bahwa skripsi dan karya ilmiah ini adalah hasil karya penulis yang belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun dari perguruan tinggi lain. Semua informasi yang berasal dari penulis lain yang dicantumkan di dalam skripsi ini baik yang telah dipublikasikan atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikianlah surat pernyataan ini penulis buat dengan sebenarnya.

Indralaya, 31 Juli 2019  
Penulis,



Nur Fauziyah Al Qisthi

NIM. 08031381520048

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya haturkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat serta hidayah-Nya, saya dapat menyelesaikan tugas akhir serta skripsi yang berjudul “Penentuan *Oil Recovery* Pada Sumur Minyak Tua Menggunakan Biosurfaktan Bakteri *Pseudomonas citronellolis* dengan Variasi Kadar Garam, pH dan Temperatur” dengan sebaik-baiknya. Tak lupa shalawat beriringan salam juga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan pengikutnya hingga akhir zaman.

Pada penyelesaian tugas akhir dan skripsi ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada banyak pihak yang telah membantu:

1. Allah SWT, karena atas izin-Nya, saya dapat menyelesaikan perkuliahan serta skripsi dengan sebaik-baiknya.
2. Nabi Muhammad SAW, keluarga dan sahabat serta pengikutnya hingga akhir zaman.
3. Bapak Dr. Bambang Yudono, M.Sc dan Ibu Dr. Desnelli, M.Si selaku pembimbing penulis yang sudah membantu serta memberikan arahan dan bantuan selama proses penyelesaian penelitian dan seminar ini.
4. Bapak Dr. Ady Mara, M.Si, Drs. Almunadi T. Panagan, M.Si dan Nova Yuliasari selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan sehingga dapat menjadikan skripsi ini lebih baik.
5. Prof. Dr. Iskhaq Iskandar, M.Sc selaku Dekan Fakultas MIPA, Universitas Sriwijaya.
6. Bapak Dr. Dedi Rohendi, M. T sebagai Ketua Jurusan FMIPA Kimia UNSRI yang telah banyak memberikan kemudahan dalam upaya menyelesaikan urusan di kampus.
7. Ibu Dr. Ferlinahayati, M.Si sebagai dosen pembimbing akademik yang sudah sangat baik dan memberikan arahan selama saya berkuliah.
8. Keluarga Saya (Bapak M. Fauzan AS dan Ibu Masnah) serta kakak dan adik saya (Hafizh, Fidi, Kholis, Agung, Hanif, Hafi, Maira dan Dinda) yang selalu siap membantu, memberi dukungan moral dan moril serta menghibur saya dikala senang maupun sedih agar bisa segera menyelesaikan penelitian saya.

9. Resti Setyo Anggraini, S.Si sebagai *room mate*, teman seperjuangan, my *other half, favorite human all the time* yang selalu ada, selalu menemani dan selalu menghibur di kala senang, sedih, patah semangat, tekacip dan lain-lain. *Happily ever after, rest!* Liburan ke Jepang, kuy!
10. Squad kampus ku, Yuk Husnul, Mba Tini, Fikri, Iqbal, Aisyah, Uci, Ilham jola, Unai Putri, Pio, Nyimnyim, Rizky (boots), Jeri, Hardi, Bunga, Mijik yang selalu memberikan keramaian, membuat suasana kampus menjadi lebih hidup, dan menemani ke-bar-bar-an yang ada. Semangat menyelesaikan penelitian dan semangat mencari kerja, geng!
11. Squad analis Rahayu, Cisu, Citra Pemi, Cica, Sarah, Rima, Puput yang selalu ada saat nge-lab, membantu mengacaukan penelitian tapi membuat kehidupan lab-ku tidak membosankan. Kejar oktober, guys! S.Si semua ya!
12. Team MEOR (Icak, Yuli, Kak Tika, Fopy, Ratih dan Dini) yang tahan banting, dan bekerja sama dalam menyelesaikan berbagai rintangan penelitian. Akhirnya ya!
13. Riani, Theres, Kak Feb, Widya yang selalu membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan ini.
14. Leidy, Arrum, Aca, Ira Rizka, my squad HC tapi sekarang sudah di urusannya masing-masing. I miss you. Jangan bikin orang memperhatikan terus ya!
15. Keluarga ku! MIKI 2015 yang dari awal sampe akhir selalu memberikan semangatnya, mendengar keluh-kesah, see you on top guys!
16. Kak In dan Mba Novi terbaik, yang selalu sabar dalam menghadapi saya dan mau direpotkan untuk menyelesaikan berbagai administrasi di kampus.
17. Yuk Nur, Yuk Yanti, Yuk Niar, selaku analis kimia, yang selalu membantu penulis dan memberikan ilmu.
18. Adik kelas ku, seriosa dan squad comels ku (Vidya, Tetra, Eby, Nisak, Sce, Icut, Nanda) yang sudah rela dan selalu menyempatkan diri untuk ada dan membantu saya.

Penulis menyadari jika skripsi ini masih banyak sekali kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritikan serta saran dari para pembaca dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Indralaya, 31 Juli 2019

Nur Fauziah Al Qisthi  
08031381520048

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH .....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>x</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Minyak Bumi .....	5
2.1.1 Tahap <i>Recovery</i> Minyak Bumi.....	5
2.1.2 <i>Water Flooding</i> .....	6
2.2 <i>Microbial Enhanced Oil Recovery</i> (MEOR).....	7
2.3 Biosurfaktan .....	8
2.4 Genus <i>Pseudomonas</i> .....	9
2.5 Waktu Generasi Terpendek Bakteri <i>P. citronellolis</i> .....	10
2.6 Kromatografi Gas ( <i>Gas Chromatography</i> ).....	10
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>11</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	11



3.2 Alat dan Bahan .....	11
3.3.1 Alat .....	11
3.3.2 Bahan .....	11
3.3 Cara Kerja.....	11
3.3.1 Sterilisasi Alat .....	11
3.3.2 Peremajaan Bakteri.....	12
3.3.3 Pembuatan Medium Zobell .....	12
3.3.4 Pembuatan Starter Bakteri Indigen.....	12
3.3.5 Pembuatan Nutrien untuk <i>Crude</i> Biosurfaktan .....	12
3.3.6 Produksi <i>Crude</i> Biosurfaktan Mengandung Kultur dan Sel Bakteri.....	13
3.3.7 Penentuan TPH Awal Sebelum Perlakuan .....	13
3.3.8 Analisa Ekstrak <i>Sludge</i> Sebelum Perlakuan dengan GC. .....	13
3.3.9 Proses Ekstraksi Minyak Bumi Secara <i>Water Flooding</i> . .....	13
3.3.10 Penentuan Waktu Optimum <i>Crude</i> Biosurfaktan dalam <i>Recovery</i> Minyak Bumi Secara <i>Water Flooding</i> .....	14
3.3.11 Penentuan <i>Recovery</i> Minyak Bumi dengan Blanko ...	14
3.3.12 Penentuan <i>Recovery</i> Minyak Bumi Pada <i>Crude</i> Biosurfaktan dengan Variasi Konsentrasi Garam NaCl .....	15
3.3.13 Penentuan <i>Recovery</i> Minyak Bumi dengan Variasi pH dan Kadar Garam NaCl Terbaik.....	15
3.3.14 Penentuan <i>Recovery</i> Minyak Bumi Pada Berbagai Temperatur dengan Kadar Garam NaCl dan pH Terbaik .....	16
3.3.15 Analisis Pada Filtrat Setelah Perlakuan Menggunakan Alat GC.....	17
3.3.16 Analisis Data .....	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>18</b>
4.1 Penentuan TPH Awal Sebelum Perlakuan .....	18

4.2 Penentuan Waktu Optimum <i>Crude</i> Biosurfaktan dalam <i>Recovery</i> Minyak Bumi Secara <i>Water flooding</i> .....	18
4.3 Penentuan <i>Recovery</i> Minyak Bumi Pada Blanko .....	20
4.4 Penentuan <i>Recovery</i> Minyak Bumi Pada <i>Crude</i> Biosurfaktan dengan Variasi Konsentrasi Garam NaCl .....	20
4.5 Penentuan <i>Recovery</i> Minyak Bumi dengan Variasi pH dan Kadar Garam NaCl Terbaik.....	22
4.6 Penentuan <i>Recovery</i> Minyak Bumi dengan Variasi Temperatur serta Kadar Garam NaCl dan pH Terbaik .....	23
4.7 Analisis Data Menggunakan ANOVA ( <i>Analysis of Variance</i> )	24
4.8 Hasil Kromatogram Sampel <i>Sludge Oil</i> .....	25
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>32</b>
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran .....	32
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>33</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>77</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Fraksi Rantai C Berdasarkan Kisaran Temperatur .....	10
Tabel 2. Komposisi Pembuatan <i>buffer</i> pH 5-9 .....	15
Tabel 3. TPH <sub>akhir</sub> Setelah Adanya Variasi Kadar Garam NaCl.....	49
Tabel 4. <i>Oil Recovery</i> Setelah Adanya Variasi Kadar Garam NaCl .....	49
Tabel 5. TPH <sub>akhir</sub> Menggunakan Kadar Garam NaCl Terbaik dan Variasi pH .....	50
Tabel 6. <i>Oil Recovery</i> Menggunakan Kadar Garam NaCl Terbaik dan Variasi pH.....	50
Tabel 7. TPH <sub>akhir</sub> Menggunakan Kadar Garam NaCl Terbaik dan pH Terbaik serta Variasi Temperatur .....	51
Tabel 8. <i>Oil Recovery</i> Menggunakan Kadar Garam NaCl Terbaik dan pH Terbaik serta Variasi Temperatur .....	51
Tabel 9. Perhitungan Data Variasi Kadar Garam NaCl.....	53
Tabel 10. Perhitungan Data Kadar Garam NaCl Terbaik dan Variasi pH.....	55
Tabel 11. Perhitungan Data Kadar Garam NaCl dan pH Terbaik dengan Variasi Temperatur .....	57

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Aplikasi Biosurfaktan Pada Reservoir Minyak .....	8
Gambar 2. Proses Ekstraksi Minyak Bumi Secara <i>Water Flooding</i> .....	14
Gambar 3. Hubungan Hari dan Persentase <i>Oil Recovery</i> Pada <i>Crude</i> Biosurfaktan Bakteri <i>P. Citronellolis</i> .....	19
Gambar 4. Persentase <i>Oil Recovery</i> Pada <i>Crude</i> Biosurfaktan dengan Variasi Kadar Garam NaCl, pH 4 dan Temperatur 37°C .....	21
Gambar 5. Persentase <i>Oil Recovery</i> dengan Variasi pH, Kadar Garam NaCl 6% dan Temperatur 37°C .....	22
Gambar 6. Persentase <i>Oil Recovery</i> dengan Kadar Garam NaCl 6%, pH 7 dan Variasi Temperatur .....	24
Gambar 7. Kromatogram GC (a) Sebelum Perlakuan (b) Sesudah Perlakuan dengan Kadar Garam NaCl 6%, pH 4 dan Temperatur 37°C....	26
Gambar 8. Histogram Perubahan Persentase Kelimpahan Fraksi C Sebelum Perlakuan dengan Setelah Penggunaan <i>Crude</i> Biosurfaktan dengan Kadar Garam NaCl 6%, pH 4 dan Temperatur 37°C....	27
Gambar 9. Kromatogram Perubahan Persentase Kelimpahan Fraksi C Setelah Penggunaan <i>Crude</i> Biosurfaktan dengan Kadar Garam NaCl 6%, pH 7 dan Temperatur 37°C .....	28
Gambar 10. Histogram Perubahan Persentase Kelimpahan Fraksi C Sebelum Perlakuan dengan Setelah Penggunaan <i>Crude</i> Biosurfaktan dengan Kadar Garam NaCl 6%, pH 7 dan Temperatur 37°C....	28
Gambar 11. Kromatogram Perubahan Persentase Kelimpahan Fraksi C Setelah Penggunaan <i>Crude</i> Biosurfaktan dengan Kadar Garam NaCl 6%, pH 7 dan Temperatur 80°C .....	29
Gambar 12. Histogram Perubahan Persentase Kelimpahan Fraksi C Sebelum Perlakuan dengan Setelah Penggunaan <i>Crude</i> Biosurfaktan dengan Kadar Garam NaCl 6%, pH 7 dan Temperatur 80°C....	30

## DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1.	Skema Kerja Penentuan <i>Recovery</i> Minyak Bumi dengan n-heksan (Sebelum Perlakuan) .....	39
Lampiran 2.	Skema Kerja Penentuan <i>Recovery</i> Minyak Bumi dengan Blanko.....	40
Lampiran 3.	Skema Kerja Penentuan <i>Recovery</i> Minyak Bumi Pada <i>Crude</i> Biosurfaktan dengan Variasi Konsentrasi Garam (NaCl) .....	41
Lampiran 4.	Skema Kerja Penentuan <i>Recovery</i> Minyak Bumi Pada <i>Crude</i> Biosurfaktan dengan Kadar Garam NaCl Terbaik serta Variasi pH .....	42
Lampiran 5.	Skema Kerja Penentuan <i>Recovery</i> Minyak Bumi Pada <i>Crude</i> Biosurfaktan dengan Kadar Garam NaCl dan pH Terbaik Serta Variasi Temperatur .....	43
Lampiran 6.	Perhitungan Komposisi Nutrien <i>Crude</i> Biosurfaktan.....	44
Lampiran 7.	Penentuan TPH Awal Sebelum Perlakuan .....	46
Lampiran 8.	Data Penentuan Waktu Optimum <i>Crude</i> Biosurfaktan .....	47
Lampiran 9.	Data Perhitungan TPH <sub>akhir</sub> dan <i>Oil Recovery</i> Pada Blanko ....	48
Lampiran 10.	Data Perhitungan TPH <sub>akhir</sub> dan <i>Oil Recovery</i> dari <i>Crude</i> Biosurfaktan Menggunakan Variasi Kadar Garam NaCl.....	49
Lampiran 11.	Data Perhitungan TPH <sub>akhir</sub> dan <i>Oil Recovery</i> dari <i>Crude</i> Biosurfaktan Menggunakan Kadar Garam NaCl Terbaik (6%) dan Variasi pH.....	50
Lampiran 12.	Data Perhitungan TPH <sub>akhir</sub> dan <i>Oil Recovery</i> dari <i>Crude</i> Biosurfaktan Menggunakan Kadar Garam NaCl dan pH Terbaik (6%, 7) serta Variasi Temperatur .....	51
Lampiran 13.	Analisis Data Secara ANOVA ( <i>One Way</i> ) Menggunakan <i>Excel</i> .....	53
Lampiran 14.	Kondisi Operasional dari Alat GC Untuk Menganalisa Minyak Bumi .....	59
Lampiran 15.	Data Kromatogram Pada <i>Sudge Oil</i> Sebelum Perlakuan .....	60

Lampiran 16. Data Kromatogram Pada <i>Sludge Oil</i> dengan Kadar Garam NaCl Terbaik (6%) .....	63
Lampiran 17. Perolehan Kelimpahan <i>Sludge Oil</i> dengan Kadar Garam NaCl Terbaik (6%).....	66
Lampiran 18. Data Kromatogram Pada <i>Sludge Oil</i> dengan Kadar Garam NaCl 6% dan pH 7 .....	67
Lampiran 19. Perolehan Kelimpahan <i>Sludge Oil</i> dengan Kadar Garam NaCl 6% dan pH 7 .....	70
Lampiran 20. Data Kromatogram Pada <i>Sludge Oil</i> dengan Kadar Garam NaCl 6%, pH 7 dan Temperatur 80°C.....	71
Lampiran 21. Perolehan Kelimpahan <i>Sludge Oil</i> dengan Kadar Garam NaCl 6%, pH 7 dan Temperatur 80°C .....	74
Lampiran 22. Dokumentasi Penelitian.....	75

## ABSTRACT

### DETERMINATION OIL RECOVERY ON THE ABANDONED PETROLEUM WELL USING BIOSURFACTANT FROM *Pseudomonas citronellolis* WITH SALINITY, pH, AND TEMPERATURE VARIETY

Nur Fauziyah Al Qisthi  
08031381520048

Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Science  
Sriwijaya University  
E-mail : [nalqisthi@gmail.com](mailto:nalqisthi@gmail.com)

Determination oil recovery on the abandoned petroleum well using biosurfactant from *Pseudomonas citronellolis* with salinity, pH and temperature variety have been carried out. The abandoned petroleum well model made by bell siphon on the up container while biosurfactant on the lower container and used to injecting sludge oil with water flooding systems. Biosurfactant with those variety were purposed to produce the best oil recovery. The biggest crude biosurfactant produce at NaCl 6% up to 22.72% oil recovery, then the best NaCl concentrations were combined with pH and develop oil recovery to 26.44% on neutral condition (pH 7). At a high temperature of 80°C, a NaCl concentration of 6% and a pH 7 increased oil recovery to the highest up to 29.83%. The results were tested by statistically using ANOVA and shown that F count is bigger than F table means those variety give significant difference to oil recovery. The best results from each variety were analyzed by using Gas Chromatography (GC) to identified abundance and the components based on retention time. Results in form histogram indicated crude biosurfactant could dissolved carbon chain.

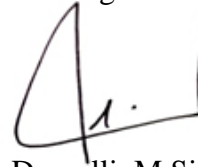
**Keywords:** Oil Recovery, *Pseudomonas citronellolis*, NaCl, pH, Temperature  
Citations: 71 (1985-2019)

Pembimbing I



Dr. Bambang Yudono, M.Sc  
NIP. 196102071989031001

Indralaya, 31 Juli 2019  
Pembimbing II



Dr. Desnelli, M.Si  
NIP. 196912251997022001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Kimia



Dr. Dedi Rohendi, M.T

NIP. 196704191993031001

## ABSTRAK

### PENENTUAN *OIL RECOVERY* PADA SUMUR MINYAK TUA MENGUNAKAN BIOSURFAKTAN BAKTERI *Pseudomonas citronellolis* DENGAN VARIASI KADAR GARAM, pH DAN TEMPERATUR

Nur Fauziyah Al Qisthi  
08031381520048

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Sriwijaya

E-mail: [nalqisthi@gmail.com](mailto:nalqisthi@gmail.com)

Penentuan *oil recovery* pada sumur minyak tua menggunakan biosurfaktan bakteri *Pseudomonas citronellolis* dengan variasi kadar garam, pH dan temperatur telah dilakukan. Model sumur minyak tua ini dibuat menggunakan *bell siphon* yang berada di kontainer atas, sedangkan pada kontainer bawah digunakan *crude* biosurfaktan sebagai bahan untuk menginjeksi *sludge oil* dengan sistem *water flooding*. *Crude* tersebut divariasikan terhadap kadar garam NaCl, pH serta temperatur untuk mendapatkan *recovery* minyak yang maksimal. Hasil *recovery* minyak terbesar dari *crude* biosurfaktan bakteri *Pseudomonas citronellolis* terjadi pada kadar garam NaCl 6% sebesar 22,72%. Selanjutnya *crude* biosurfaktan dengan kadar garam NaCl terbaik yaitu 6% divariasikan dengan pH sehingga didapatkan *recovery* minyak yang maksimal pada pH 7 sebesar 26,44%, kemudian *crude* biosurfaktan dengan kadar garam NaCl 6% dan pH 7 divariasikan dengan temperatur dan didapatkan *recovery* minyak tertinggi pada temperatur 80°C sebesar 29,83%. Hasil tersebut diuji menggunakan ANOVA yang menunjukkan bahwa F hitung lebih besar daripada F tabel yang menandakan bahwa variasi tersebut memberikan perbedaan yang signifikan terhadap *recovery* minyak bumi. Hasil uji *oil recovery* terbesar dari tiap perlakuan dianalisis menggunakan kromatografi gas (GC) untuk diidentifikasi kelimpahan serta komponen hidrokarbon yang mampu didegradasi oleh *crude* biosurfaktan bakteri *Pseudomonas citronellolis* berdasarkan waktu retensinya. Berdasarkan komatogram yang diinterpretasikan dalam bentuk histogram menunjukkan bahwa *crude* biosurfaktan dengan kondisi terbaik mampu melarutkan rantai hidrokarbon.

**Kata kunci :** *Oil Recovery*, Bakteri *Pseudomonas citronellolis*, Garam NaCl, pH, Temperatur

Pembimbing I



Dr. Bambang Yudono, M,Sc  
NIP. 196102071989031001

Indralaya, 31 Juli 2019  
Pembimbing II



Dr. Desnelli, M.Si  
NIP. 196912251997022001



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Kimia



Dr. Dedi Rohendi, M.T

CS Scanned with CamScanner NIP. 196704191993031001

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang

Bahan bakar fosil (minyak bumi) masih menjadi sumber energi yang paling banyak diminati sehingga proses eksploitasi terhadap minyak bumi terus dikembangkan. Proses eksploitasi yang terjadi secara terus-menerus menyebabkan banyaknya reservoir minyak habis dan sumur minyak ditinggalkan (Templeton *et al.*, 2014). Sumur minyak tua yang ada di Indonesia tercatat ada 13.824 sumur yang terdiri dari 3.623 sumur minyak di Sumatera bagian selatan, 2.392 sumur minyak di Sumatera bagian utara, 1.633 sumur minyak di Sumatera bagian tengah, 3.143 sumur minyak di Kalimantan Timur, 100 sumur minyak di Kalimantan Selatan, 2.496 sumur minyak di Jawa Tengah, Jawa Timur dan Madura, 208 sumur minyak di Papua dan 229 buah sumur minyak di Seram (ESDM, 2012).

Hasil dari eksploitasi minyak bumi (fosil) terdiri dari 5-15% minyak pada tahapan *primary recovery* karena menggunakan tekanan yang tinggi, sehingga masih banyak meninggalkan minyak bumi dalam reservoir. Selama *primary recovery* didapatkan sekitar 10-20% minyak yang dapat dipulihkan melalui tekanan gas (Geetha *et al.*, 2018). Oleh karena itu dikembangkan metode lain sebagai tahapan *secondary recovery* dengan cara injeksi air atau yang dikenal dengan *water flooding*.

*Water flooding* sebagai proses *secondary oil recovery* merupakan metode pemulihan minyak bumi yang cukup efisien dan banyak digunakan diseluruh dunia, namun metode ini masih membutuhkan biaya ekonomi, lingkungan dan energi yang tinggi (Dong *et al.*, 2016). Mekanisme metode ini dengan cara menginjeksikan air ke dalam reservoir, ketika rasio air yang dipompa keluar terlalu besar maka membutuhkan biaya yang cukup mahal untuk dapat memisahkan air dengan minyak. Metode sebelumnya juga dapat mengakibatkan fraksi minyak bumi yang sangat kental serta tidak dapat dijangkau, akibatnya minyak tidak dapat diinjeksi dengan metode yang telah ada sehingga, dikembangkan metode baru yang dikenal dengan EOR atau *Enhanced Oil Recovery* yang merupakan tahap *tertiary recovery* agar didapatkan peningkatan

perolehan minyak. Salah satu *tertiary recovery* yang paling berpotensi untuk dikembangkan yaitu menggunakan mikroba atau yang dikenal dengan *Microbial Enhanced Oil Recovery* (MEOR) (Shibulal *et al.*, 2014).

MEOR merupakan teknik pemulihan residu minyak bumi yang memiliki ramah lingkungan (Song *et al.*, 2015). Teknik ini menggunakan bantuan mikroorganisme untuk mengeluarkan minyak yang tersisa di dalam reservoir. Lebih dari 50% sisa minyak dapat diekstrak menggunakan teknik ini dengan biaya yang sangat rendah. Secara umum, proses ini menggunakan mikroorganisme atau nutrisi yang diinjeksikan ke dalam sumur untuk memperbanyak mikroorganisme dibawah permukaan sehingga mengakibatkan peningkatan aktivitas mikrobial serta peningkatan fluiditas dan pemulihan minyak (Cai *et al.*, 2015). Mekanisme metode MEOR berupa pengambilan minyak serta air secara bersama dengan menggunakan bantuan dari biosurfaktan yang dihasilkan oleh mikroba.

Biosurfaktan terdiri dari komponen hidrofobik dan hidrofilik pada kedua ujungnya. Bagian hidrofobik bersifat non polar yang terdiri dari berbagai macam hidrokarbon seperti asam lemak, sedangkan bagian hidrofilik bersifat polar yang terdiri dari berbagai macam molekul yang larut dalam air seperti asam karboksilat dan alkohol (Usman *et al.*, 2016). Biosurfaktan tersebut berperan dalam kegiatan pengemulsian, penurunan tegangan permukaan, serta terbukti dapat membantu proses remediasi lokasi yang terkontaminasi sehingga dapat meningkatkan mobilisasi minyak.

Biosurfaktan juga memiliki sifat yang ramah lingkungan, tidak beracun, murah, dan stabil sehingga banyak dimanfaatkan tidak hanya dalam industri minyak, melainkan pada industri makanan, farmasi, perlindungan lingkungan dan pertanian. Beberapa kelompok mikroba (bakteri) sebagai penghasil biosurfaktan yang baik diantaranya *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Corynebacterium* sp, *Acinetobacter* sp, *Archromobacter* sp, *Falvobacterium* sp. dan *Proteobacteri* (Ahmad *et al.*, 2016).

*Pseudomonas* merupakan salah satu dari kelompok bakteri yang memegang peranan paling penting dalam proses degradasi minyak mentah yang banyak terdiri dari polihidroksil alkanoat (PHA) (Ashby *et al.*, 2009). Genus *Pseudomonas* mampu menghasilkan *rhamnolipid* yang dapat berguna dalam

proses MEOR. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, *rhamnolipid* merupakan biosurfaktan yang dihasilkan oleh bakteri *Pseudomonas sp.* Memiliki konsentrasi misel kritis yang rendah dan aktivitas penurunan tegangan permukaan yang tinggi menandakan jika *rhamnolipid* tersebut memberikan stabilitas yang sangat baik dibawah tingkat salinitas yang tinggi, dengan pH 4-10 dan dalam temperatur yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik yang dimiliki oleh genus *Pseudomonas* memiliki potensi yang sangat tinggi untuk diaplikasikan dalam proses MEOR (Lan *et al.*, 2015).

*Pseudomonas citronellolis* merupakan bakteri gram negatif yang diketahui dapat mendegradasi banyak hidrokarbon kompleks seperti hidrokarbon minyak, poliaromatik hidrokarbon (PHA) dan senyawa isoprenoid (Su *et al.*, 2012). Produksi biosurfaktan dapat ditingkatkan dengan mempertimbangkan banyak faktor diantaranya faktor lingkungan, sumber nutrisi dan jenis bakteri. Tingkat keasaman (pH) juga dapat mempengaruhi produksi biosurfaktan pada bakteri (Yudono *et al.*, 2017). Kadar garam NaCl merupakan faktor lingkungan alami yang mempengaruhi bakteri dalam memproduksi biosurfaktan. Apabila tekanan osmotik lingkungan lebih tinggi (kadar NaCl tinggi), maka sel bakteri akan mengalami plasmolisis (mengerut), sedangkan apabila tekanan osmotik lingkungan lebih rendah, maka sel bakteri akan membengkak dan pecah, sehingga diperlukan tekanan osmotik yang sama antara lingkungan dan sel bakteri agar tidak terjadi perpindahan cairan dan bakteri dapat memproduksi biosurfaktan (Shin *et al.*, 2001).

Pada penelitian ini akan digunakan biosurfaktan dari bakteri *Pseudomonas citronellolis* yang akan diuji proses *oil recovery* dengan menggunakan ekstraksi secara *water flooding* dan divariasikan terhadap kadar garam, pH serta temperatur dengan tujuan didapatkan persentase *oil recovery* terbesar, kemudian dilakukan analisa secara kualitatif menggunakan alat GC (*Gas Chromatography*).

## **1.2. Rumusan Masalah**

Proses eksploitasi minyak bumi yang banyak dilakukan menyebabkan banyaknya sumur minyak yang ditinggalkan padahal, sumur tersebut masih mengandung minyak bumi. Hal ini disebabkan karena metode *oil recovery* yang digunakan belum maksimal, selain itu produksi minyak bumi yang rendah akibat

dari fraksi minyak bumi semakin lama semakin kental serta perbedaan kepolaran antara minyak bumi dan air sehingga semakin sulit untuk diinjeksi. Industri minyak mengembangkan metode *tertiary recovery* yang dikenal dengan metode *Enhanced Oil Recovery* dengan bantuan biosurfaktan dari bakteri. Metode ini dikenal dengan sebutan MEOR atau *Microbial Enhanced Oil Recovery* yang bersifat ramah lingkungan. Penelitian ini menggunakan bakteri *Pseudomonas citronellolis* yang diketahui mampu membantu proses *oil recovery* pada model sumur minyak tua.

### **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Menentukan pengaruh dari biosurfaktan bakteri *Pseudomonas citronellolis* dengan variasi kadar garam, pH dan temperatur dalam *recovery* minyak bumi yang diekstraksi secara *water flooding*.
2. Mengetahui komponen hidrokarbon dapat didegradasi oleh biosurfaktan bakteri *Pseudomonas citronellolis* dalam kondisi optimum menggunakan alat GC (*Gas Chromatography*).

### **1.4. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui komponen hidrokarbon yang mampu didegradasi serta besarnya perolehan *oil recovery* yang didapatkan oleh bakteri *Pseudomonas citronellolis* selain itu, dapat menentukan faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas biosurfaktan dari bakteri *Pseudomonas citronellolis* sehingga diketahui kondisi optimum bakteri dalam proses *oil recovery*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Z., Arshad, M., Asghar, H. N., Sheikh, M. A., and Crowley, D. E. 2016. Isolation, Screening and Functional Characterization of Biosurfactant Producing Bacteria Isolated from Crude Oil Contaminated Site. *International Journal of Agriculture and Biology*. 18(3): 542-548.
- Al-sahhaf, T., Elsharkawy, A., and Fahim, M. 2008. Stability of Water-in-Crude Oil Emulsions: Effect of Oil Aromaticity, Resins to Asphaltene Ratio, and pH of Water. *Petroleum Science and Technology*. 26(17): 2009-2022.
- Alagorni, A. H., Yaacob, Z., and Nour, A. H. 2015. An Overview of Oil Production Stages: Enhanced Oil Recovery Techniques and Nitrogen Injection. *International Journal of Environmental Science and Development*. 6(9): 693-701.
- Alhuraishawy, A. K., Bai, B., Wei, M., Geng, J., and Pu, J. 2018. Mineral Dissolution and Fine Migration Effect on Oil Recovery Factor by Low-Salinity Water Flooding in Low-Permeability Sandstone Reservoir. *Journal Fuel*. 220: 898-907.
- Almansoori, A. F dan Hasan, H. A. 2019. Biosurfactant Produced By The Hydrocarbon-Degrading Bacteria: Characterization, Activity and Applications in Removing TPH from Contaminated Soil. *Environmental Technology & Innovation*. 1-27.
- Ashby, R. D., Ngo, H. L., Solaiman, Daniel K. Y., and Strahan, G. 2009. Methyl-Branched Polyhydroxyalkanoate Biosynthesis from 13-Methyltetradecanoic Acid and Mixed Isostearic Acid Isomer Substrates. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 85(2): 359-370.
- Ashish and Debnat, M. 2018. Application of Biosurfactant Produced by an Adaptive Strain of *C. tropicalis* MTCC230 in Microbial Enhanced Oil Recovery (MEOR) and Removal of Motor Oil from Contaminated Sand and Water. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 170: 40-48.
- Ayirala, S. C., Saleh, S. H., and Yousef, A. A. 2017. Microscopic Scale Interactions of Water Ions at Crude Oil/Water Interface and their Impact on Oil Mobilization in Advanced Water Flooding. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 163: 640-649.
- Barnaji, M. J., Pourafshary, P., and Rasaie, M. R. 2016. Visual Investigation of the Effects of Clay Minerals on Enhancement of Oil Recovery by Low Salinity Water Flooding. *Journal Fuel*. 184: 826-835.

- Bharali, P. 2011. Crude Biosurfactant From Thermophilic *Alcaligenes faecalis*: Feasibility in Petro-spill Bioremediation. *International Biodeterior Biodegrad.* 65(5): 682-690.
- Bhatia, M., Girdhar, A., Tiwari, A., and Nayarisseri, A. 2014. Implications of a Novel *Pseudomonas* Species on Low Density Polyethylene Biodegradation : an in Vitro to in Silico Approach. *Journal Springer Plus.* 3(1): 1-10.
- Brown, L. R. 2010. Microbial Enhanced Oil Recovery (MEOR). *Current Opinion Microbiol.* 13: 316–320.
- Bustamante, M., Durán, N and Diez, M. C. 2012. Biosurfactants Are Useful Tools for the Bioremediation of Contaminated Soil : A Review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.* 12(4): 667–687.
- Cai, M *et al.* 2015. Crude Oil as a Microbial Seed Bank with Unexpected Functional Potentials. *Scientific Reports.* 5 : 1-12.
- Cavaliere, C *et al.* 2018. Extraction of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons from Polyhydroxyalkanoates Before Gas Chromatography/Mass Spectrometry Analysis. *Journal Talanta.* 188: 671-675.
- Dong, H *et al.* 2016. Rhamnolipids Produced by Indigenous *Acinetobacter junii* From Petroleum Reservoir and It's Potential in Enhanced Oil Recovery. *Journal Frontiers in Microbiology.* 7: 1-13.
- Gao, C. 2018. Experiences of Microbial Enhanced Oil Recovery in Chinese Oil Fields. *Journal of Petroleum Science and Engineering.* 166: 55-62.
- Geetha, S. J., Banat, I.M., and Joshi, S.J. 2018. Biosurfactants: Production and Potential Applications in Microbial Enhanced Oil Recovery (MEOR). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology.* 14: 23-32.
- Harner, N. K., Richardson, T. L., Thompson, K. A., Best, R. J., Best, A. S., and Trevors, J. T. 2011. Microbial Processes in the Athabasca Oil Sands and their Potential Applications in Microbial Enhanced Oil Recovery. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology.* 38(11): 1761-1775.
- Harvey, D. J. 2015. Analysis of Carbohydrates and Glycoconjugates by Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Mass Spectrometry: an Update for 2011-2012. *Mass Spectrometry Reviews.* 36(3): 1-168.
- Hatta, M. I., Emrizal, M. T., dan Anita, S. 2013. Karakterisasi Dan Penentuan Kematangan Minyak Mentah (Crude Oil) Langgak, Riau. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung.*
- Ikhwani *et al.* 2017. *Preliminary Study: Optimazation of pH and Salinity For Biosurfactant Production from Pseudomonas aeruginosa in Diesel Fuel and Crude Oil Medium.* IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.

- Israelachvili, J. N., Mitchell, D. J., Ninham, B. W. 1976. Theory of Self-Assembly of Hydrocarbon Amphiphiles Into Micelles and Bilayers. *Journal Chemical Society*. 72: 1525–1568
- Kachieng'a, L and Momba, M. N. B. 2017. Kinetics of Petroleum Oil Biodegradation by a Consortium of Three Protozoan Isolates (*Aspidisca* sp., *Trachelophyllum* sp. and *Peranema* sp.). *Biotechnology Reports*. 15: 125-131.
- Kaffah, S. 2016. Uji Recovery Minyak Bumi Menggunakan Crude Biosurfaktan Bakteri Indigen pada Variasi Konsentrasi Sumber Karbon Molase. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya: Inderalaya.
- Karlapudi, A. P *et al.* 2018. Role of Biosurfactants in Bioremediation of Oil Pollution-A Review. *Journal Petroleum*. 4 (3): 1–9.
- Ke, C. Y., Sun, W. J., Li, Y. B., Lu, G. M., Zhang, Q. Z., and Zhang, X. L. 2018. Microbial Enhanced Oil Recovery in Baolige Oilfield Using an Indigenous Facultative Anaerobic Strain *Luteimonas huabeiensis* sp. Nov. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 167: 1-42.
- Kementrian ESDM . 2012. *Sumur Tua di Indonesia*. Jakarta.
- Laini, R. E., Napoleon, A., dan Munawar. 2014. Isolasi Bakteri Termofilik Penghasil Biosurfaktan yang Berpotensi Sebagai Agen MEOR (Microbial Enhanced Oil Recovery) dari Sumur Minyak di Sungai Angit. *Jurnal Penelitian Sains*. 17(1): 9-13.
- Lan, G *et al.* 2015. Effects of the Addition of Waste Cooking Oil on Heavy Crude Oil Biodegradation and Microbial Enhanced Oil Recovery Using *Pseudomonas* sp. SWP- 4. *Biochemical Engineering Journal*. 103: 219-226.
- Lazar, I., Petrisor, I. G., and Yen, T. F. 2007. Microbial Enhanced Oil Recovery (MEOR). *Journal Petroleum Science and Technology*. 25 (11): 1353-1366.
- Lestari, U. D. 2016. Pengaruh Garam NaCl Terhadap Uji Oil Recovery Menggunakan Biosurfaktan Dari Isolat *Pseudomonas Aeruginosa* dan *Pseudomonas Citronellolis*. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya.
- Li, Q., Kang, C., Wang, H., Liu, C and Zhang, C. 2002. Application of Microbial Enhanced Oil Recovery Technique to Daqing Oilfield. *Biochemical Engineering Journal*. 11: 197-199.
- Mnif, I and Ghribi, D. 2015. High Molecular Weight Bioemulsifiers, Main Properties and Potential Environmental and Biomedical Applications. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 31(5): 691-706.
- Moustafa, E. A. A and Shedid, A. S. 2017. Effects of Magnesium and Potassium Sulfates on Oil Recovery by Water Flooding. *Egyptian Journal of Petroleum*. 1-8.



- Munawar dan Zaidan. 2013. Bioremediasi Limbah Minyak Bumi dengan Teknik Biopile Di Lapangan Klamono Papua. *Jurnal Sains & Matematika* 1(2): 41–46.
- Munawaroh, M. 2015. Uji Recovery Minyak Bumi dengan Biosurfaktan dari Bakteri yang Toleran Terhadap Konsentrasi Garam. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya: Inderalaya.
- Ozdemir, G., Peker, S., and Helvacı, S. S. 2004. Effect of pH on The Surface and Interfacial Behavior of Rhamnolipids R1 And R2. *Colloids and Surfaces A: Physicochem Eng Aspects*. 234: 135-143.
- Pacwa-Plociniczak, M., Plaza, G. A., Piotrowska-Seget, Z., and Cameotra, S. S. 2011. Environmental Applications of Biosurfactants: Recent Advances. *International Journal Molecular Science*. 12(1):633–654..
- Puspitasari, A. D dan Proyogo, L. S. 2017. Perbandingan Metode Ekstraksi Maserasi dan Sokletasi Terhadap Kadar Fenolik Total Ekstrak Etanol Daun Kersen (*Muntingia calabura*). *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksata*. 2(1): 1-8.
- Rahman, K. S. M *et al.* 2007. Bioremediation of Petroleum Sludge Using Bacterial Consortium with Biosurfactant.
- Remus-Emsermann, M. N. P *et al.* 2016. Complete Genome Sequence of *Pseudomonas citronellolis* P3B5, a Candidate for Microbial Phyllo-Remediation of Hydrocarbon-Contaminated Sites. *Standards in Genomic Sciences*. 11(1): 1-13.
- Rikalovic, M. G., Vrvic, M. M., and Karadzic, I. M. 2015. Rhamnolipid Biosurfactant from *Pseudomonas aeruginosa* from Discovery to Application in Contemporary Technology. *Journal of Serbian Chemical Society*. 80: 279-304.
- Ron, E. Z and Rosenberg, E. 2003. Natural Roles of Biosurfactants. Minireview. *Environmental Microbiology*. 3(4): 229–236.
- Safdel, M., Anbaz, M. A., Daryasafar, A., and Jamialahmadi, M. 2017. Microbial Enhanced Oil Recovery , a Critical Review on Worldwide Implemented Field Trials in Different Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 74: 159-172.
- Salihu, A., Abdulkadir, I., and Almustapha, M. N. 2009. An Investigation for Potential Development on Biosurfactants. *Biotechnol Mol Biol Rev*. 3(5): 111–117.
- Sein, A and Engberts, J. B. F. N. 1995. Micelle to Lamellar Aggregate Transition of an Anionic Surfactant in Dilute Aqueous Solution Induced by Alkali Metal Chloride and Tetraalkylammonium Chloride Salts. *Langmuir*. 11 : 455-465.

- Sen, R. 2010. *Biosurfactants*. New York: Springer Science Business Media.
- Shibulal, B., Al-Bahry, S. N., Al-Wahaibi, Y. M., Elshafie, A. E., Al-Bemani, A. S., and Joshi, S. J. 2014. Microbial Enhanced Heavy Oil Recovery by the Aid of Inhabitant Spore-Forming Bacteria: An Insight Review. *The Scientific World Journal*. 1-12.
- Shin, W. S., Pardue, J. H., Jackson, A and Choi, S. J. 2001. Nutrient Enhanced Biodegradation of Crude Oil in Tropical Salt Marshes. *Water, Air and Soil Pollution*. 131: 135-152.
- Silva, G., Correia, B., Cunha, A., Santos, B and Lima, A. 2017. Water Injection for Oil Recovery by Using Reservoir Simulation via CFD. *The International Journal of Multiphysics* 11 (1): 83–96.
- Sivasankar, P and Kumar, G. S. 2016. Influence of pH on Dynamics of Microbial Enhanced Oil Recovery Processes Using Biosurfactant Producing *Pseudomonas putida* : Mathematical Modelling and Numerical Simulation. *Bioresource Technology*. 1-10.
- Song, Z., Zhu, W., Sun, G., and Blanckaert, K. 2015. Dynamic Investigation of Nutrient Consumption and Injection Strategy in Microbial Enhanced Oil Recovery (MEOR) by Means of Large-Scale Experiments. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 99 (15) : 6551-6561.
- Su, T. T., Lin, C. W., I, Y. P., and Wu, C. H. 2012. Biodegradation of Semiconductor Volatile Organic Compounds by Four Novel Bacterial Strains: a Kinetic Analysis. *Bioprocess and Biosystems Engineering*. 35(7): 1117-1124.
- Susanty dan Bachmid, F. 2016. Perbandingan Metode Ekstraksi Maserasi dan Refluks Terhadap Kadar Fenolik dari Ekstrak Tongkol Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Konversi*. 5(2): 87-93.
- Svehla, G. 1985. *Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimakro Edisi Kelima Bagian I*. Jakarta: Kalman Media Pustaka.
- Templeton, J. D., Ghoreishi-Madiseh, S. A., Hassani, F., and Al-Khawaja, M. J. 2014. Abandoned Petroleum Wells as Sustainable Sources of Geothermal Energy. *Journal Energy*. 70: 366-373.
- Usman, M. M., Dadrasnia, A., Lim, K. T., Mahmud, A. F., and Ismail, S. 2016. Application of Biosurfactants in Environmental Biotechnology; Remediation of Oil and Heavy Metal. *AIMS Bioengineering*. 3(3): 289-304.
- Varjani, S.J. 2017. Microbial Degradation of Petroleum Hydrocarbons. *Bioresource Technology*. 223: 277-286.

- Wang, Y., Zhang, X., Pan, Y., and Chen, Y. 2017. Analysis of Oil Content in Drying Petroleum Sludge of Tank Bottom. *International Journal of Hydrogen Energy*. 42(29): 18681-18684.
- Wicaksono, H., Sutijan dan Yuliansyah, A. T. 2015. Karakterisasi Larutan Polimer KYPAM HPAM untuk Bahan Injeksi dalam Enhanced Oil Recovery (EOR). *Rekayasa Politik*. 9(1): 9–15.
- Williams, L. J and Abdi, H. 2010. *Fisher's Least Significant Difference (LSD) Test*. Canada.
- Xingbiao, W., Yanfen, X., Sanqing, Y., Zhiyong, H., and Yanhe, M. 2015. Influences of Microbial Community Structures and Diversity Changes by Nutrients Injection in Shengli Oilfield, China. *Journal of Petroleum Science and Engineering*. 133: 421-430.
- Yudono, B., Estuningsih, S. P and Munawar. 2014. Isolasi, Karakterisasi dan Uji Potensi Bakteri Penghasil Biosurfaktan Termotolerant dari Sumur Tua (Abandon Well) di Babat Toman Musi Banyuasin Sumatera Selatan. 193–206.
- Yudono, B., Estuningsih, S. P., dan Suganda, L. 2017. Oil Recovery of Soil Contained Petroleum Oil by Using Bio Surfactant of Mixed Cultures Bacteria (*Brevundimonas diminuta*, *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas citronelis*) at vary pH Conditions (5-9). *International Journal of Advanced Science Engineering Information Technology*. 7(3): 858-864.
- Yudono, B., Said, M., Estuningsih, S.P., and Karima, A. 2017. Oil Recovery Test Using Bio surfactant of Halo tolerant Bacteria *Brevundimonas diminuta* and *Burkholderia glumae* at variation of NaCl Salt Concentrations. *Microbiology Indonesia*. 11(3): 81-88.
- Yudono, B., Said, M., Sabaruddin., Napoleon, A and Fanan, Z. 2011. Kinetics Approach of Biodegradation of Petroleum Contaminated Soil by Using Indigenous Isolated Bacteria. *Journal of Tropical Soils*. 16 (1): 33–38.
- Yudono, B., Purwaningrum, W and Fajri, C. 2016. Biosurfaktan dari *Pseudomonas* Peli Pada Berbagai Sumber Karbon Agen Anti Kerak untuk Pipa Minyak Bumi. *Prosiding SEMIRATA Bidang MIPA*.
- Zeng, H., Zou, F., Lehne, E., Zuo, J. Y., and Zhang, D. 2012. *Gas Chromatograph Applications in Petroleum Hydrocarbon Fluids*. Canada.

