

TESIS
STUDI KINETIKA DARI PENGOLAHAN *PALM OIL*
***MILL EFFLUENT* OLEH BAKTERI KONSORSIUM**
DALAM PRODUKSI BIOGAS SECARA ANAEROB



NYIMAS ULFATRY UTAMI
03012681721005

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019

TESIS
STUDI KINETIKA DARI PENGOLAHAN *PALM OIL*
***MILL EFFLUENT* OLEH BAKTERI KONSORSIUM**
DALAM PRODUKSI BIOGAS SECARA ANAEROB

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya



NYIMAS ULFATRY UTAMI
03012681721005

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2019

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI KINETIKA PENGOLAHAN PALM OIL MILL EFFLUENT OLEH BAKTERI KONSORSIUM DALAM PRODUKSI BIOGAS SECARA ANAEROB

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Magister
Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Palembang, Desember 2019
Menyetujui,
Pembimbing I

Pembimbing II



Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc
NIP. 195805141984031001

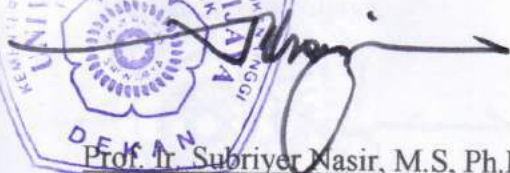


Dr. Ir. H. Muhammad Faizal, DEA
NIP. 196108121987031003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,

Koordinator Program Studi
Magister Teknik Kimia,



Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S, Ph.D
NIP. 196009091987031004



Dr. David Bahrin, S.T, M.T.
NIP. 198010312005011003

HALAMAN PERSETUJUAN


Karya tulis berupa Tesis ini dengan judul “Studi Kinetika Pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* oleh Bakteri Konsorsium dalam Produksi Biogas secara Anaerob” telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada 18 Desember 2019.

Palembang, 18 Desember 2019

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tesis

Ketua :

1. Hj. Tuty Emilia Agustina, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 197208092000032001

( 23/12/2019)

Anggota :

1. Prof. Dr. Ir. Hj. Sri Haryati, DEA
NIP. 195610241981032001
2. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA
NIP. 196010111985032002
3. Dr. David Bahrin, S.T, M.T.
NIP. 198010312005011003

( 23/12-2019)

( 31/12-19)

( 23/12/19)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,


Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S, Ph.D
NIP. 196009091987031004

Koordinator Program Studi
Magister Teknik Kimia,




Dr. David Bahrin, S.T, M.T.
NIP. 198010312005011003



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Jl. Srijaya Negara, Bukit Besar, Palembang (30139)
Telepon (0711) 370178, Faksimile (0711) 352870, Email : s2kimia@ft.unsri.ac.id

Yang bertanda tangan di bawah ini :

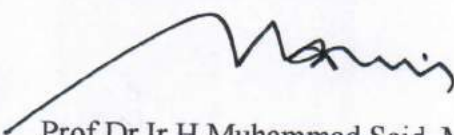
No.	Nama	Tanda Tangan
1.	Hj. Tuty Emilia Agustina, S.T, M.T, Ph.D	 23/12/2019
2.	Dr. David Bahrin, S.T, M.T	 23/12/2019

Mencrangkan bahwa :


Nama : Nyimas Ulfatry Utami
NIM : 03012681721005
BKU : Teknologi Lingkungan
Judul : Studi Kinetika Pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* oleh Bakteri Konsorsium dalam Produksi Biogas secara Anaerob

Telah memperbaiki laporan tesis.


Pembimbing I


Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Said, M.Sc
NIP. 196108121987031003

Palembang, Desember 2019
Pembimbing II


Dr. Ir. H. Muhammad Faizal, DEA
NIP. 195805141984031001

Koordinator Program Studi
Magister Teknik Kimia,


Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198010312005011003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nyimas Ulfatry Utami
NIM : 03012681721005
Judul : Studi Kinetika dari Pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* oleh
Bakteri Konsorsium dalam Produksi Biogas secara Anaerob

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Januari 2020



Nyimas Ulfatry Utami
NIM. 03012681721005

RINGKASAN

STUDI KINETIKA DARI PENGOLAHAN *PALM OIL MILL EFFLUENT* OLEH BAKTERI KONSORSIUM DALAM PRODUKSI BIOGAS SECARA ANAEROB

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 18 Desember 2019

Nyimas Ulfatry Utami, Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. M. Said, M. Sc dan Dr. H. M. Faizal, DEA

KINETICS STUDY OF PALM OIL MILL EFFLUENT PROCESSING BY CONSORTIUM BACTERIA IN THE PRODUCTION OF BIOGAS ANAEROBICALLY

xiv + 85 halaman, 14 Tabel, 24 Gambar, 3 lampiran

RINGKASAN

Palm Oil Mill Effluent (POME) merupakan limbah cair yang mempunyai kandungan organik tinggi sehingga dapat difermentasi dengan bakteri untuk menghasilkan biogas. POME bersifat tidak beracun, namun tingginya kandungan organik dapat mengganggu ekosistem dan pencemaran lingkungan di sungai. POME mengandung banyak mikroorganisme yang mempunyai potensi melakukan hidrolisis terhadap minyak, selulosa, dan protein. Bakteri yang berpotensi sebagai pengurai dapat diperoleh dengan cara mengisolasi limbah itu sendiri (bakteri indigen). Bakteri indigen yang telah diisolasi dari POME, yaitu *Stenotrophomonas rhizopila strain E-P10* (KP 1.2) dan *Bacillus toyonensis strain BCT-7112* (KAN 1) digunakan sebagai bakteri konsorsium dalam proses degradasi limbah. Tahapan penelitian ini terdiri dari peremajaan bakteri, persiapan media mineral, *starter*, dan inokulum bakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mendegradasi substrat dari POME menggunakan bakteri konsorsium untuk menghasilkan biogas. Proses degradasi substrat dilakukan dalam suatu bioreaktor dengan waktu degradasi 0, 20, 21-22, 23-26, 27-30, 31-34, dan 35-38 hari. Perhitungan populasi bakteri dilakukan dengan menggunakan alat haemocytometer dengan satuan sel/ml dan diamati di mikroskop dan dihitung dalam kolom-kolom kecil. Jumlah pertumbuhan populasi tertinggi yang dihasilkan dari bakteri konsorsium adalah $7,94 \times 10^7$ mg/mL. Biogas yang terbentuk akan dianalisa menggunakan alat *Gas Chromatography* (GC). Produksi biogas yang tertinggi mengandung 68,6 % mol gas metana (CH₄) dan 21,7 % mol gas karbon dioksida (CO₂).

Kata Kunci: biogas; bakteri konsorsium; *palm oil mill effluent*.

Kepustakaan: 25 (2006-2019)

SUMMARY

KINETICS STUDY OF PALM OIL MILL EFFLUENT PROCESSING BY CONSORTIUM BACTERIA IN THE PRODUCTION OF BIOGAS ANAEROBICALLY

Scientific paper in the form of Tesis, December 18th 2019

Nyimas Ulfatry Utami, Supervised by Prof. Dr. Ir. H. M. Said, M. Sc and Dr. H. M. Faizal, DEA

STUDI KINETIKA DARI PENGOLAHAN *PALM OIL MILL EFFLUENT* OLEH BAKTERI KONSORSIUM DALAM PRODUKSI BIOGAS SECARA ANAEROB

xiv + 85 halaman, 14 Tabel, 24 Gambar, 3 lampiran

SUMMARY

Palm Oil Mill Effluent (POME) is a liquid waste that has a high organic content and it can be fermented with bacteria to produce biogas. POME is non-toxic but the high organic content can disturb the ecosystems and causes the environmental pollution in water body. POME contains many microorganisms that have potential to hydrolyze oils, celluloses and protein. Potential bacteria for degradation of POME can be obtained by isolating the waste itself (indigenous bacteria). Indigenous bacteria that have been isolated from POME, namely: *Stenotrophomonas rhizopila strain E-P10* (KP 1.2) and *Bacillus toyonensis strain BCT-7112* (KAN 1) are used as consortium bacteria in the process of waste degradation. The research sequences consists of rejuvenation of bacteria, preparation of medium mineral, starter and bacterial inoculum. The research aims to degrade the substrates from POME using a bacterial consortium to produce biogas. The substrate degradation process is carried out in a bioreactor with degradation time 0, 20, 21-22, 23-26, 27-30, 31-34 and 35-38 hari days. Bacterial population growth was calculated using a haemocytometer with units of cells/ml and then observed in a microscope and it counted in the small cubicle. The total highest population of the bacteria was found 7.94×10^7 mg/mL. The production of biogas will be analyzed using the Gas Chromatography (GC) with units of % mole. The highest production of biogas contains 68.6% mole methane gas (CH₄) and 21.7% mole carbon dioxide gas (CO₂).

Keywords: biogas; consortium bacteria; palm oil mill effluent.

Citations: 25 (2006-2019)

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa, karena atas karunia-Nya sehingga penyusunan Laporan Tesis dengan judul “**Studi Kinetika dari Pengolahan Palm Oil Mill Effluent oleh Bakteri Konsorsium dalam Produksi Biogas secara Anaerob**” ini dapat terselesaikan. Laporan ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan Magister pada Program Studi Teknik Kimia, Bidang Kajian Utama Teknologi Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Sriwijaya.

Pelaksanaan penelitian, proses penulisan, dan penyelesaian laporan ini dapat berjalan dengan baik karena adanya dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, perkenankan penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Dr. David Bahrin. S.T., M.T selaku Koordinator Program Studi Magister Teknik Kimia.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Said, M. Sc dan Dr. Ir. M. Faizal, DEA selaku Dosen Pembimbing I dan Pembimbing II.
3. Kedua Orang tua, Suami, dan Keluarga tercinta yang tak henti-hentinya memberikan dukungan moral dan finansial.
4. Partner seperjuangan riset Kak Feni Alvionita dan teman-teman seangkatan Magister S2 Teknik Kimia.
5. Analis dan Asisten Laboratorium Mikrobiologi Fakultas MIPA Jurusan Biologi Universitas Sriwijaya, Indralaya.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih mempunyai kekurangan. Namun, demikian semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi lebih baik lagi dengan adanya penelitian - penelitian lanjutan. Aamiin.

Palembang, Desember 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iv
RINGKASAN	v
SUMMARY	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pertumbuhan Industri dan Produksi Kelapa Sawit di Indonesia ..	5
2.2 Limbah POME Industri Kelapa Sawit	6
2.3 Analisa Air Limbah Industri Minyak Kelapa Sawit	8
2.3.1 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	8
2.3.2 <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD)	9
2.3.3 <i>Total Suspended Solid</i> (TSS)	9
2.3.4 Derajat Keasaman (pH)	9
2.4 Tahapan Proses Pengolahan Limbah Cair	10

2.5 Biogas.....	12
2.5.1 Potensi Energi dari Biogas.....	14
2.5.2 Faktor Pembentukan Biogas.....	14
2.6 Pengolahan POME melalui Fermentasi Anaerob.....	15
2.7 Bakteri Pembentuk Biogas.....	19
2.7.1 Fase Pertumbuhan Bakteri.....	20
2.7.2 Parameter Analisa Kinetika Pertumbuhan Bakteri.....	21
2.8 Prosedur Menghitung Nilai μ_{max} dan K_s	26
2.8.1 <i>Lineweaver-Burk Plotting</i>	26
2.8.2 <i>Eadie-Hofstee Plotting</i>	26
2.8.3 <i>Langmuir Plotting</i>	27
2.8.4 <i>Contois Equation</i>	27
2.9 Penelitian Sebelumnya.....	27

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	29
3.2 Studi Literatur.....	29
3.3 Peralatan dan Bahan Penelitian.....	29
3.3.1 Persiapan Peralatan.....	29
3.3.2 Perancangan Bioreaktor.....	29
3.3.3 Persiapan Bahan.....	30
3.3.4 Persiapan Substrat.....	30
3.4 Variabel Penelitian.....	30
3.4.1 Variabel Tetap.....	30
3.4.2 Variabel Bebas.....	30
3.5 Tahapan Penelitian.....	30
3.5.1 Pembuatan Medium <i>Nutrient Agar</i>	32
3.5.2 Peremajaan Bakteri.....	32
3.5.3 Pembuatan Medium Mineral.....	32
3.5.4 Pembuatan Inokulum Bakteri KP 1.2 dan KAN 1.....	32
3.5.5 Pembuatan Starter.....	33
3.5.6 Proses Degradasi Substrat.....	33

3.6 Mekanisme Analisa Sampel.....	34
3.6.1 Analisa pH (Derajat Keasaman)	34
3.6.2 Analisa BOD ₅ (<i>Biological Oxygen Demand</i>)	34
3.6.3 Analisa COD (<i>Chemical Oxygen Demand</i>)	36
3.6.4 Analisa TSS (<i>Total Suspended Solid</i>)	37
3.6.5 Analisa Biogas	37
3.6.6 Perhitungan Populasi Bakteri.....	37
3.7 Penentuan Parameter Kinetika Reaksi	38
3.8 Matriks Hasil Penelitian	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Populasi Bakteri, Kandungan Biogas, COD,BOD, TSS, dan pH	39
4.1.1 Hubungan Waktu Degradasi Terhadap Pertumbuhan Populasi Bakteri	40
4.1.2 Hubungan Waktu Degradasi Terhadap Kandungan Gas...	41
4.1.3 Hubungan Waktu Degradasi Terhadap BOD	43
4.1.4 Hubungan Waktu Degradasi Terhadap COD	43
4.1.5 Hubungan Waktu Degradasi Terhadap TSS.....	44
4.1.3 Hubungan Waktu Degradasi Terhadap pH.....	45
4.2 Hubungan Laju Pertumbuhan dan Waktu Generasi Terhadap Titik Optimum Waktu Proses.....	46
4.3 Kinetika Degradasi Senyawa Organik pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Parameter BOD.....	47
4.3.1 Metode Lineweaver-Burk Plot.....	47
4.3.2 Metode Eadie-Hofstee Plot.....	48
4.3.3 Metode Langmuir Plot.....	49
4.3.4 Metode <i>Plotting</i> dengan Persamaan Contuis	50
4.3.5 Produksi Sintesis Sel/ <i>Growth Yield</i> (Y) dan Penggunaan Substrat Maksimum (q_{max}).....	51
4.4 Kinetika Degradasi Senyawa Organik pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Parameter COD.....	53

4.4.1 Metode Lineweaver-Burk Plot.....	53
4.4.2 Metode Eadie-Hofstee Plot.....	54
4.4.3 Metode Langmuir Plot.....	55
4.4.4 Metode <i>Plotting</i> dengan Persamaan Contuis.....	56
4.4.5 Produksi Sintesis Sel/ <i>Growth Yield</i> (Y) dan Penggunaan Substrat Maksimum (q_{max}).....	57
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran.....	59
 DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN-LAMPIRAN	65

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I	Perhitungan Laju Pertumbuhan dan Waktu Generasi	65
LAMPIRAN II	Perhitungan Nilai μ_{\max} dan K_s	70
LAMPIRAN III	Dokumentasi Penelitian	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi dalam POME.....	7
Tabel 2.2 Standar baku mutu limbah cair industri kelapa sawit	8
Tabel 2.3 Komponen pada biogas.....	13
Tabel 2.4 Jumlah energi biogas yang dikonversi dan kegunaannya	14
Tabel 2.5 Ketetapan parameter kinetika bakteri yang tumbuh	25
Tabel 4.1 Analisa populasi bakteri, kadar gas, COD, BOD, dan TSS	42
Tabel 4.2 Analisa pH.....	42
Tabel 4.3 Korelasi antara populasi bakteri, laju pertumbuhan, dan waktu generasi..	49
Tabel 4.4 Variabel yang digunakan dalam perhitungan μ_{\max} dan K_s	50
Tabel 4.5 Nilai μ_{\max} dan K_s setiap metode <i>plotting</i>	54
Tabel 4.6 Variabel yang digunakan dalam perhitungan Y dan q_{\max}	55
Tabel 4.7 Variabel yang digunakan dalam perhitungan μ_{\max} dan K_s	56
Tabel 4.8 Nilai μ_{\max} dan K_s setiap metode <i>plotting</i>	60
Tabel 4.9 Variabel yang digunakan dalam perhitungan Y dan q_{\max}	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Produksi minyak sawit pada beberapa provinsi di Indonesia.....	5
Gambar 2.2	Tahapan proses produksi pada industri kelapa sawit	6
Gambar 2.3	Tahapan konversi bahan organik dalam digester anaerob.....	17
Gambar 2.4	Tahapan pertumbuhan bakteri	21
Gambar 2.5	Konsentrasi substrat yang mempengaruhi laju pertumbuhan spesifik .	22
Gambar 2.6	Mikroba yang tumbuh dengan model Monod.....	25
Gambar 3.1	Tahapan dari penelitian yang dilakukan.....	31
Gambar 3.2	Skema bioreaktor.....	33
Gambar 4.1	Pertumbuhan populasi bakteri.....	43
Gambar 4.2	Jumlah produksi gas selama proses degradasi	45
Gambar 4.3	Nilai BOD ₅ selama proses degradasi.....	46
Gambar 4.4	Kadar COD selama proses degradasi	47
Gambar 4.5	Nilai TSS selama proses degradasi	47
Gambar 4.6	Nilai pH Biogas selama proses degradasi.....	48
Gambar 4.7	Regresi linier dengan metode Lineweaver-Burk Plot	51
Gambar 4.8	Regresi linier dengan metode Eadie-Hofstee Plot	52
Gambar 4.9	Regresi linier dengan metode Langmuir Plot	53
Gambar 4.10	Regresi linier dengan persamaan Contuis.....	54
Gambar 4.11	Produksi sintesis sel/ <i>growth yield</i> (Y).....	55
Gambar 4.12	Regresi linier dengan metode Lineweaver-Burk Plot	57
Gambar 4.13	Regresi linier dengan metode Eadie-Hofstee Plot	58
Gambar 4.14	Regresi linier dengan metode Langmuir Plot	58
Gambar 4.15	Regresi linier dengan persamaan Contuis.....	59
Gambar 4.16	Produksi sintesis sel/ <i>growth yield</i> (Y).....	61

RINGKASAN

STUDI KINETIKA DARI PENGOLAHAN *PALM OIL MILL EFFLUENT* OLEH BAKTERI KONSORSIUM DALAM PRODUKSI BIOGAS SECARA ANAEROB

Karya tulis ilmiah berupa Tesis, 18 Desember 2019

Nyimas Ulfatry Utami, Dibimbing oleh Prof. Dr. Ir. H. M. Said, M. Sc dan Dr. H. M. Faizal, DEA

KINETICS STUDY OF PALM OIL MILL EFFLUENT PROCESSING BY CONSORTIUM BACTERIA IN THE PRODUCTION OF BIOGAS ANAEROBICALLY

xiv + 85 halaman, 14 Tabel, 24 Gambar, 3 lampiran

RINGKASAN

Palm Oil Mill Effluent (POME) merupakan limbah cair yang mempunyai kandungan organik tinggi sehingga dapat difermentasi dengan bakteri untuk menghasilkan biogas. POME bersifat tidak beracun, namun tingginya kandungan organik dapat mengganggu ekosistem dan pencemaran lingkungan di sungai. POME mengandung banyak mikroorganisme yang mempunyai potensi melakukan hidrolisis terhadap minyak, selulosa, dan protein. Bakteri yang berpotensi sebagai pengurai dapat diperoleh dengan cara mengisolasi limbah itu sendiri (bakteri indigen). Bakteri indigen yang telah diisolasi dari POME, yaitu *Stenotrophomonas rhizopila strain E-P10* (KP 1.2) dan *Bacillus toyonensis strain BCT-7112* (KAN 1) digunakan sebagai bakteri konsorsium dalam proses degradasi limbah. Tahapan penelitian ini terdiri dari peremajaan bakteri, persiapan media mineral, *starter*, dan inokulum bakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mendegradasi substrat dari POME menggunakan bakteri konsorsium untuk menghasilkan biogas. Proses degradasi substrat dilakukan dalam suatu bioreaktor dengan waktu degradasi 0, 20, 21-22, 23-26, 27-30, 31-34, dan 35-38 hari. Perhitungan populasi bakteri dilakukan dengan menggunakan alat haemocytometer dengan satuan sel/ml dan diamati di mikroskop dan dihitung dalam kolom-kolom kecil. Jumlah pertumbuhan populasi tertinggi yang dihasilkan dari bakteri konsorsium adalah $7,94 \times 10^7$ mg/mL. Biogas yang terbentuk akan dianalisa menggunakan alat *Gas Chromatography* (GC). Produksi biogas yang tertinggi mengandung 68,6 % mol gas metana (CH₄) dan 21,7 % mol gas karbon dioksida (CO₂).

Kata Kunci: biogas; bakteri konsorsium; *palm oil mill effluent*.

Kepustakaan: 25 (2006-2019)

SUMMARY

KINETICS STUDY OF PALM OIL MILL EFFLUENT PROCESSING BY CONSORTIUM BACTERIA IN THE PRODUCTION OF BIOGAS ANAEROBICALLY

Scientific paper in the form of Tesis, December 18th 2019

Nyimas Ulfatry Utami, Supervised by Prof. Dr. Ir. H. M. Said, M. Sc and Dr. H. M. Faizal, DEA

STUDI KINETIKA DARI PENGOLAHAN *PALM OIL MILL EFFLUENT* OLEH BAKTERI KONSORSIUM DALAM PRODUKSI BIOGAS SECARA ANAEROB

xiv + 85 halaman, 14 Tabel, 24 Gambar, 3 lampiran

SUMMARY

Palm Oil Mill Effluent (POME) is a liquid waste that has a high organic content and it can be fermented with bacteria to produce biogas. POME is non-toxic but the high organic content can disturb the ecosystems and causes the environmental pollution in water body. POME contains many microorganisms that have potential to hydrolyze oils, celluloses and protein. Potential bacteria for degradation of POME can be obtained by isolating the waste itself (indigenous bacteria). Indigenous bacteria that have been isolated from POME, namely: *Stenotrophomonas rhizopila strain E-P10* (KP 1.2) and *Bacillus toyonensis strain BCT-7112* (KAN 1) are used as consortium bacteria in the process of waste degradation. The research sequences consists of rejuvenation of bacteria, preparation of medium mineral, starter and bacterial inoculum. The research aims to degrade the substrates from POME using a bacterial consortium to produce biogas. The substrate degradation process is carried out in a bioreactor with degradation time 0, 20, 21-22, 23-26, 27-30, 31-34 and 35-38 hari days. Bacterial population growth was calculated using a haemocytometer with units of cells/ml and then observed in a microscope and it counted in the small cubicle. The total highest population of the bacteria was found 7.94×10^7 mg/mL. The production of biogas will be analyzed using the Gas Chromatography (GC) with units of % mole. The highest production of biogas contains 68.6% mole methane gas (CH₄) and 21.7% mole carbon dioxide gas (CO₂).

Keywords: biogas; consortium bacteria; palm oil mill effluent.

Citations: 25 (2006-2019)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Crude Palm Oil (CPO) atau minyak kelapa sawit merupakan hasil komoditi perkebunan yang paling diminati mancanegara karena banyak dikonsumsi, diproduksi, dan perkembangannya begitu cepat sehingga berpengaruh terhadap peningkatan pabrik pengolahan minyak kelapa sawit yang bersaing secara global untuk menjadi produsen dan eksportir terbesar termasuk negara Indonesia. Perkembangan industri ini sudah dikenal sejak masa kolonial Belanda di Indonesia sehingga memiliki sejarah yang panjang.

Sejak tahun 1980, perkebunan kelapa sawit di Indonesia memiliki luas areal sekitar 300 ribu hektar yang akhirnya terus meningkat sekitar 11,6 juta hektar di tahun 2016. Untuk produksi CPO pada tahun 1980, berkisar 700 ribu ton dan seiring waktu meningkat hingga 33,5 juta ton di tahun 2016 (Kementerian Pertanian, 2015). Hal ini menjadikan kedudukan Indonesia semakin bagus pada pasar minyak sawit dunia. Selain mengolah tandan buah segar (TBS) menjadi CPO, hasil produksi ini juga akan membentuk limbah cair, limbah padat, dan limbah gas. *Palm Oil Mills Effluent* (POME) menjadi salah satu jenis limbah cair yang dihasilkan paling banyak dari sisa proses pembuatan CPO.

Terdapat berbagai macam pengolahan POME yang dilakukan secara konvensional, salah satunya dengan teknologi kolam (*lagoon*) limbah terbuka. Untuk mengolah POME, dibutuhkan empat jenis kolam yang berdasarkan baku mutu dan aman, yaitu *fat pit*, kolam pendingin, kolam anerobik, dan kolam aerobik. POME tidak beracun dan memiliki fisik yang berwarna kecokelatan, memiliki minyak/lemak, mengandung sejumlah padatan, dan pH bersifat asam kuat sekitar 3,3 – 4,6. POME memiliki kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solid* (TSS), protein, dan lipid serta total limbah cair adalah 56-67% dari setiap pengolahan buah sawit menjadi minyak sawit (Nasution, 2012). Kandungan yang terdapat dalam POME, yaitu COD sekitar 44.800 ± 3.500 mg/L, BOD sekitar 21.950 ± 1.000 mg/L, dan TSS

sekitar 20.950 ± 1.500 mg/L. Nilai COD, BOD, dan TSS yang tinggi ini menyebabkan POME harus diolah terlebih dahulu agar sesuai standar baku mutu saat dialirkan ke sungai. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 1995 telah menetapkan nilai baku mutu, yaitu tentang kadar COD sebesar 350 mg /L, BOD sekitar 100 mg/L, dan TSS sekitar 250 mg/L (Khadaroo dkk., 2019).

Hal-hal yang telah diuraikan tersebut dapat dikatakan bahwa POME memiliki potensi untuk menjadi biogas dengan cara penguraian secara anaerobik dengan bantuan bakteri. Fermentasi POME dengan bantuan bakteri indigen anaerob akan menghasilkan produk berupa CH_4 , CO_2 , H_2S dan H_2O . Dasar utama pemilihan proses anaerobik ini karena memiliki kemampuan yang sangat baik untuk menghasilkan biogas. Pada proses aerobik menghasilkan banyak lumpur, mengolah limbah secara sempurna, dan zat organik tidak dikonversi menjadi metana. Sebaliknya, pada proses anaerobik akan dihasilkan metana dan sisa limbah cair kaya nutrisi seperti nitrogen dan fosfor yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk oleh pemilik perkebunan kelapa sawit (Rahayu dkk., 2015).

Penelitian ini menggunakan bakteri indigen yang telah diisolasi sebelumnya sehingga memerlukan pengujian lebih lanjut mengenai efisiensi kemampuannya dalam mengolah komponen organik dalam limbah cair melalui parameter Analisa kinetika yang dihasilkan. Menurut Margono (2010), nilai parameter kinetika terdiri dari laju pertumbuhan spesifik (μ), hasil pertumbuhan (Y), konstanta kejenuhan (K_s), dan koefisien kematian mikroba (K_d). Menurut penelitian Margono (2010), isolasi bakteri *Bacillus* pada medium glukosa menghasilkan nilai $\mu_m = 0.148$ hari⁻¹, $K_d = 0.442$ jam⁻¹, $K_s = 0.413$ g/L dan Y tertinggi = 0.8665 mg MLVSS/mg COD melalui pengujian parameter kinetik.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Harsyah (2016) yang menghasilkan biogas dari POME dengan menggunakan modifikasi digester secara *fed batch* dengan masa inkubasi 10 hari, dengan penurunan nilai COD menjadi 766,362 mg/L dan BOD menjadi 212,7 mg/L. Adapun penelitian dari Widarti, dkk (2015) yang menggunakan degradasi COD limbah cair dalam proses anaerob dengan digester 19 liter menunjukkan adanya penurunan COD berturut-turut hingga 762 mg/L dan rentang nilai pH 4-6. Sedangkan penelitian dari Hasanah (2013) dalam fermentasi

anaerob melalui alat digester anaerob dua tahap menunjukkan persentase penurunan nilai COD sebesar 69,96% dan COD sebesar 74%. Penelitian lainnya dari pengolahan POME dengan menguraikan substrat menggunakan bakteri *Escherhicia coli* untuk menghasilkan biohidrogen, dimana kultur diinkubasi dengan suhu 37 °C selama 24 jam dan pengadukan ringan sehingga terjadi konversi karbohidrat menjadi hidrogen. *Maximum Hydrogen Yield* yang diperoleh sebesar 0,66 mol H₂/total monomeric sugars dan produktivitas 3.551 μmol/10¹⁰ cfu (Taifor dkk., 2017).

Berdasarkan latar belakang dan penelitian-penelitian terdahulu yang diuraikan, penelitian ini dirancang untuk menghasilkan biogas dengan bantuan konsorsium dari bakteri indigen, yaitu bakteri *Stenotrophomonas rhizopila strain E-P10* (KP 1.2) dan *Bacillus toyonensis strain BCT-7112* (KAN 1) yang telah diisolasi sebelumnya, kemudian didegradasi dalam POME yang dicampur dengan medium mineral dan starter untuk mendapatkan hasil COD, BOD, TSS, pH, dan populasi bakteri serta hasil biogas dengan kandungan gas metana yang tinggi. Melalui penelitian ini diharapkan pengolahan POME dalam pabrik kelapa sawit dapat lebih efisien dan efektif sehingga tidak merusak ekosistem.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang diselesaikan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh bakteri konsorsium saat mendegradasi POME terhadap produksi biogas?
2. Bagaimana pengaruh bakteri konsorsium terhadap penurunan nilai COD, BOD₅, dan TSS dalam POME?
3. Bagaimana mendapatkan nilai parameter kinetika degradasi POME menggunakan bakteri konsorsium pada bioreaktor secara anaerob?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang ingin dicapai, antara lain:

1. Mendapatkan kandungan gas metana dalam campuran biogas pada pengolahan POME dengan bantuan bakteri konsorsium secara anaerob.
2. Mendapatkan persentase penurunan nilai COD, BOD₅, dan TSS.

3. Menentukan nilai parameter kinetika degradasi POME menggunakan bakteri konsorsium pada bioreaktor yang meliputi laju pertumbuhan maksimum, μ_{maks} (generasi/hari), konstanta kejenuhan, K_s (mg/L), *growth yield*, Y , dan penggunaan substrat maksimum (q_{maks}).

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Batasan masalah yang ada dalam penelitian ini, antara lain:

1. *Palm Oil Mill Effluent* (POME) digunakan sebagai limbah cair dan diperoleh dari salah satu industri kelapa sawit di Sumatera Selatan, yaitu PT. Agro Inderalaya Mandiri.
2. Jenis bakteri yang digunakan merupakan bakteri hasil isolat dari kolam pendingin dan kolam anaerobik.
3. Penelitian ini dilakukan dengan bioreaktor kapasitas 20 liter dengan sistem *batch*.
4. Waktu proses yang digunakan untuk proses degradasi limbah di dalam bioreaktor 20 – 38 hari.
5. Parameter yang akan diukur pada penelitian, antara lain COD, BOD, TSS, pH, populasi bakteri, dan kadar biogas.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian yang diharapkan dapat memberikan dampak positif pada masyarakat ataupun industri kelapa sawit untuk konversi POME menjadi biogas sehingga dapat menurunkan dampak negatif pencemaran pada sungai maupun lingkungan sekitar sekaligus menciptakan energi terbarukan serta dapat mengetahui nilai kinetika degradasi bakteri yang dapat digunakan untuk perhitungan desain reaktor dalam aplikasi skala industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, A. G., De Antoni, G. L., dan Anon, M. C., 1993. Proteolytic activity of *Lactobacillus bulgaricus* grown in milk. *J. Dairy Science*, 76: 1498-1505.
- Agustina, T. E., Sulistyono, B., dan Anugrah, R., 2016. Pengolahan palm oil mill effluent dengan metode fenton dan kombinasi adsorpsi-fenton. *Jurnal Teknik Kimia*, 22 (3).
- Akmal, A. H., dan Romita, A., 1996. Isolasi mikroba tanah penghasil antibiotika dan sampel tanah pada lokasi penumpukan sampah. *Cermin Dunia Kedokteran* No. 108.
- Alaerts, G., dan Santika, S. S., 1987. *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Alvionita, F., 2019. *Studi kinetika dari pengolahan palm oil mill effluent oleh bakteri Stenotrophomonas rhizophila strain e-p10 dalam produksi biogas secara anaerob*. Tesis Magister Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya.
- Ayu, E. D., Halim, L., Mellyanawaty, M., Sudiby, H., dan Budhijanto, W., 2017. The effect of natural zeolite as microbial immobilization media in anerobic digestion at various concentration of palm oil mill effluent (POME). *AIP Conference Proceedings*, 1840.
- Aznury, M., Jaksen, Hasan, A., dan Dila, A. P., 2018. Production biomethane from palm oil mill effluent (POME) with truncated pyramid digester in fed batch system. *Journal of Physic*.
- Bapedal. 1995. *Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Penyamakan Kulit*. Jakarta.
- Boyd, C. E., 1990. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Birmingham Publishing Co, Alabama.
- Deublein, dan Steinhauser, 2008. *Efficiencies for Heat Production from Biogas*. Beaconsfield, United Kingdom.
- Fahria, Munawar, dan Laksmono, R., 2012. Kinetika biodegradasi zat organik pada air limbah sampah (lindi). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4 (2).

- Food and Agriculture Organization of The United Nations, 1997. *The State of Food and Agriculture*. FAO Agriculture Series, Rome.
- Grady, C. P. L., dan Lim, H. C., 1980. *Biological Wastewater Treatment*. Marcel Dekker Inc, New York.
- Grover, V. I., Grover, V. K., dan Hogland, W., 2002. *Recovering Energy from Waste: Various Aspects (Eds)*. Elsevier, Amsterdam.
- Gunnerson, C. G., dan Stuckey, D. C., 1986. *Anaerobic Digestion: Principles and Practices for Biogas System*. The World Bank, Washington D. C., USA.
- Gubernur Sumatera Selatan, 2012. *Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Rumah Sakit, Domestik, dan Pertambangan Batu Bara*. Peraturan Gubernur Sumatera Selatan, Palembang.
- Haryati, T., 2006. Biogas: limbah peternakan yang menjadi sumber energi alternatif. *Jurnal Wartazoa*, 16 (3): 160-169.
- Hasanah, H., 2011. *Penurunan beban pencemar limbah cair kelapa sawit melalui proses fermentasi anaerob menggunakan digester anaerob dua tahap*. Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Hasanah, N. A. I., 2013. *Pengaruh hydraulic retention time (HRT) terhadap hasil produksi gas metan pada pengolahan air limbah kantin menggunakan hybrid anaerobic reactor*. Skripsi, Universitas Airlangga.
- Harsyah, A. 2016. *Modifikasi digester untuk produksi biogas dari air limbah industri minyak kelapa sawit secara fed batch*. Skripsi Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Juanga, A., 2007. Biogas untuk Masa Depan Pengganti BBM. *Jurnal Ilmiah Indonesia*, 4: 25.
- Kardila, 2011. *Karakteristik air limbah industri minyak kelapa sawit*. Skripsi, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Kementerian Pertanian, 2016. *Outlook Kelapa Sawit*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal-Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Khadaroo, S. N. B. A., Grassia, P., Gouwanda, P., dan Poh, P. E., 2019. Is the dewatering of palm oil mill effluent (POME) feasible? Effect of temperature on POME's rheological properties and compressive behavior. *Chemical Engineering Science*, 202: 519-528.

- Khanal, S. K., 2008. *Anaerobic Biotechnology for Bioenergy Production: Principles and Application*. Wiley-Blackwell Publishing, New Jersey.
- Kristoferson, L. A., dan Bokalders, V., 1991. *Renewable Energy Technologies- Their Application in Developing Countries*. ITDG Publishing.
- Lang, L. Y., 2007. *Treatability of palm oil mill effluent (POME) using black liquor in an anaerobic treatment process*. Thesis for The Degree of Master of Science, Universitas Sains Malaysia.
- Linarsih, dan Sarto, 2018. Emisi gas metana dan karbon dioksida pada proses pengolahan limbah cair kelapa sawit. *BKM Journal of Community Medicine and Public Health*, 34 (3): 107-114.
- Mangunwidjaja, D., dan Suryani, A., 1994. *Teknologi Bioproses*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Margono. 2010. Kinetika pertumbuhan bakteri *Bacillus* sp dalam medium glukosa sebagai sumber karbon dan ammonium sulfat sebagai sumber nitrogen. *Ekuilibrum*, 9 (2): 57-61.
- Metcalf, dan Eddy, 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. Mc Graw Hill Book Co, Singapore.
- Monod, J., 1949. The growth of bacterial cultures. *Annual Review of Microbiology*, 3: 371-394.
- Naibaho, P. M., 1998. *Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
- Nasir, M. A. A., Jahim, J. M., Abdul, P. M., Silvamany, H., Maaroff, R. M., dan Yunus, M. F. M., 2019. The use of acidified palm oil mill effluent for thermophilic biomethane production by changing hydraulic retention time in anaerobic sequencing batch reactor. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44: 3373-3381.
- Pirt, S. J., 1975. *Principles of Microbe and Cell Cultivation*. Blackwell, Oxford.
- Polprasert, C., 1980. *Organic Waste Recycling*. John Willey and Sons, Chicester.
- Rahayu, A. S., Karsiwulan, D., Yuwono, H., Trisnawati, I., Mulyasari, S., Rahardjo, S., Hokermin, S., dan Paramita, V., 2015. *POME to Biogas 2nd Edition*. Winrock International, Jakarta.

- Romli, M. 2010. *Teknologi Penanganan Limbah Anaerobik*. TML Publikasi, Bogor.
- Saelor, S., Kongjan, P., dan O-Thong, S., 2017. Biogas production from anerobic co-digestion of palm oil mill effluent and empty fruit bunches. *Energy Procedia*, 138: 717-722.
- Sahidu, S., 1983. *Kotoran Ternak sebagai Sumber Energi*. Dewaruci Press, Jakarta.
- Sarono, Suparno, O., Suprihatin, dan Hasanudin, U., 2016. The performance of biogas production from POME at different temperatures. *International Journal of Technology*, 8: 1413-1421.
- Schlegel, H. G., 1994. *Mikrobiologi Umum (Penerjemah Tedjo Baskoro, Edisi Keenam)*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Shuler, M. L., dan Kargi, F., 1992. *Bioprocess Basic Concepts*. Prentice-Hall International Inc., New Jersey.
- Siallagan, S. R., dan Nurmay. 2010. *Pengaruh waktu tinggal dan komposisi bahan baku pada proses fermentasi limbah cair industri tahu terhadap produksi biogas*. Tesis, Universitas Sumatera Utara.
- Sitanggang, A. S., dan Julianda, R., 2018. *Studi kinetika pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit dengan konsorsium bakteri indigen*. Laporan Penelitian Teknik Kimia, Universitas Sriwijaya.
- Sugiharto. 1987. *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Penerbit Universitas Indonesia (UI Press), Jakarta.
- Suharto. 2011. *Limbah Kimia dalam Pencemaran Udara dan Air*. Andi, Yogyakarta.
- Sutarno, dan Firdaus, F., 2007. Analisis prestasi produksi biogas (CH₄) dari polyethylene biodigester berbahan baku limbah ternak sapi. *Logika*, 4 (1).
- Taifor, A. Z., Zakaria, M. R., Yusoff, M. Z. M., Toshinari, M., Hassan, M. A., dan Shirai, Y., 2017. Elucidating substrate utilization in biohydrogen production from palm oil mill effluent by *Escherichia coli*. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42 (9): 5812-5819.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., dan Stensel, H. D., 2003. *Waste Water Engineering: Treatment and Reuse*. Metcalf & Eddy Inc, New York.

- Tijani, H., Abdullah, N., dan Yuzir, A., 2018. Enhancing methane production of palm oil mill effluent using two-stage domesticated shear-loop anaerobic contact stabilization sytem. *Journal of Cleaner Production*, 200: 971-981.
- Umaly, R. C., dan Cuvin, L. A., 1988. *Limnology: Laboratory and Field Guide, Physico-chemical Factors, Biological Factors*. National Book Store, Inc. Publishers, Metro Manila.
- Wahyono, E.H., dan Sudarno, N. 2012. Biogas: Energi Ramah Lingkungan. Yapeka, Bogor.
- Wibisono, A. 2013. Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (POME). <https://anomwibisono.blogspot.com/2013/05/pengolahan-limbah-cair-pabrik-kelapa.html>, diunduh pada tanggal 01 November 2018.
- Widarti, B. N., Susetyo, S. H., dan Sarwono, E., 2015. Degradasi COD limbah cair dari pabrik kelapa sawit dalam proses pembentukan biogas. *Jurnal Integrasi Proses*, 5 (3): 138-141.
- Wise, D. L., Leunscher, A. P., dan Sharaf, M. A., 1987. *A Laege Scale of Biologically Derived Methane Process (Moo-Young (ed): Biomass Convention Technology, (1997))*. Pergamon Press, New York.
- Zahara, I., 2014. *Pengaruh pengadukan terhadap produksi biogas pada proses metanogenesis berbahan baku limbah cair kelapa sawit*. Skripsi Teknik Kimia, Universitas Sumatera Utara.