

**PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT  
DENGAN VARIASI KONSENTRASI KULTUR MIKROBA  
PADA REAKTOR ANAEROB**

**TESIS**

**Untuk memenuhi persyaratan  
mencapai derajat Magister Biologi (M.Si)**



**Ario Mukti Wibowo Yoga Suwatno  
NIM. 081224153009**

**Program Studi Magister Biologi  
Departemen Biologi  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga  
Surabaya  
Januari 2016**

**TESIS**

**PRODUKSI BIOGAS DARI LIMBAH CAIR PABRIK KELAPA SAWIT  
DENGAN VARIASI KONSENTRASI KULTUR MIKROBA  
PADA REAKTOR ANAEROB**

yang dipersiapkan dan disusun oleh

**Ario Mukti Wibowo Yoga Suwatno**  
**NIM. 081224153009**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Pada tanggal 5 Januari 2016

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing Utama

Dr. Ni'matuzahroh  
NIP. 196801051992032003

Pembimbing Pendamping

Dr. rer. nat Ganden Supriyanto, M.Sc.  
NIP. 196812281993031001

Penguji I

Prof. Dr. Ir. Tini Surtiningsih, DEA  
NIP. 19511012198032001

Penguji II

Drs. Salamun, M.Kes  
NIP. 196111101987031003

Penguji III

Dr. Yosephine Sri Wulan Manuhara, M.Si.  
NIP. 196403031988102001

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
Untuk memperoleh gelar Magister Sains  
Tanggal 22 Januari 2016

Mengetahui,  
Ketua Departemen Biologi  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga

Dr. Sucipto Hariyanto, DEA  
NIP. 195609021986011002

Ketua Program Studi Magister Biologi  
Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Airlangga

Dr. Sri Puji Astuti Wahyuningsih, M.Si.  
NIP. 196602211992032001

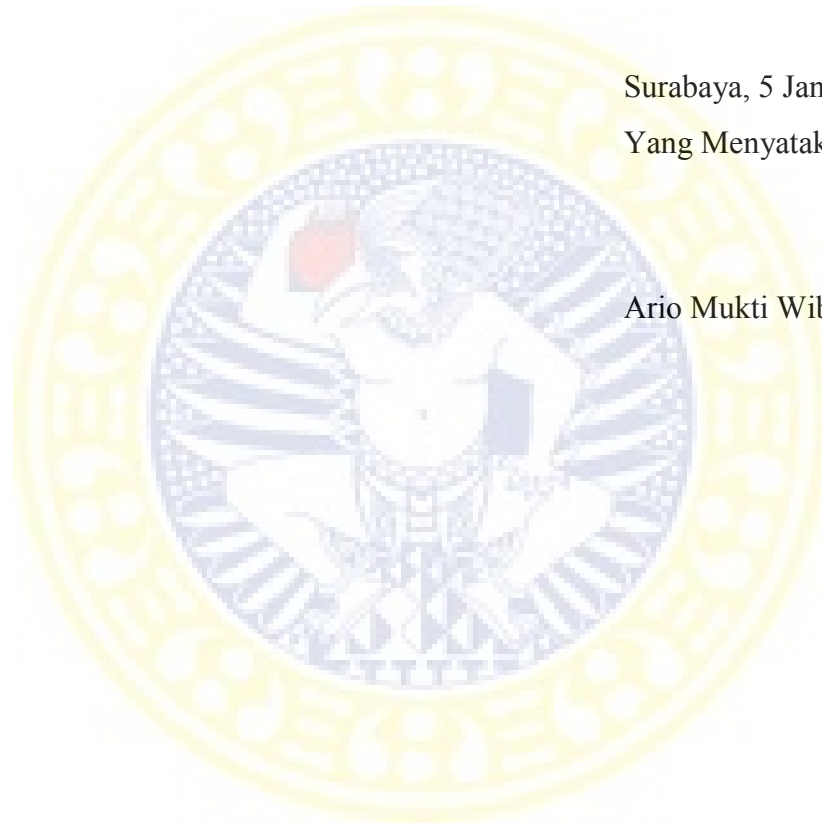
## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Surabaya, 5 Januari 2016

Yang Menyatakan

Ario Mukti Wibowo Y.S., S.Si



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah subhanahu wa ta'ala atas segala limpahan rahmat serta hidayahNya pada kita sekalian. Shalawat serta salam bagi Nabi Muhammad SAW. Dengan rahmat Allah SWT, tesis yang berjudul “Produksi Biogas dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Variasi Konsentrasi Kultur Mikroba pada Reaktor Anaerob” ini telah selesai. Tesis ini tidak semata disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains (M.Si) pada Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya. Penulis berharap penelitian ini bermanfaat untuk membantu permasalahan lingkungan akibat pencemaran limbah cair pabrik kelapa sawit serta memberikan ide pada penelitian berikutnya untuk kepentingan agama dan masyarakat luas.

Penulis mengucapkan terima kasih atas segala bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak sehingga penulisan tesis ini dapat terselesaikan. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, segala kritik, tanggapan maupun saran yang bersifat membangun diharapkan dapat dijadikan perbaikan dan penambahan nilai kemanfaatan penelitian ini di masa yang akan datang. Semoga penelitian ini memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan dan memberikan manfaat.

Surabaya, 5 Januari 2016

Penulis,

Ario Mukti Wibowo Y.S., S.Si

## UCAPAN TERIMA KASIH

Keberhasilan dan kelancaran dalam penyusunan tesis ini adalah rahmat dan ridho dari Allah subhanahu wa ta'ala, serta tidak lepas dari bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Ni'matuzahroh selaku pembimbing dan penguji I, atas segala ilmu, bimbingan, arahan, semangat, kesabaran dan motivasi yang diberikan dalam membantu penulis menyelesaikan tesis.
2. Dr. rer. nat. Ganden Supriyanto, M.Sc. selaku pembimbing dan penguji II, atas segala ilmu, inspirasi, wawasan, masukan dan saran serta kesabaran selama membimbing penulis.
3. Prof. Dr. Ir. Tini Surtiningsih, DEA selaku penguji III, atas segala bantuan, masukan dan motivasi kepada penulis.
4. Drs. Salamun M.Kes. selaku penguji IV, atas segala bantuan, motivasi, wawasan dan pengetahuan dalam penyusunan tesis.
5. Dr. Yosephine Sri Wulan Manuhara, M.Si. selaku penguji V dan dosen wali, atas segala bimbingan, nasehat dan arahan kepada penulis selama proses perkuliahan.
6. Dr. Sucipto Hariyanto, DEA selaku Ketua Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, yang telah memberikan motivasi kepada penulis selama proses perkuliahan.
7. Seluruh Dosen pengajar di Departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga, atas segala ilmu yang telah diberikan kepada penulis.
8. Dachniar dan Suwatno, orang tua penulis, serta adik penulis Bagus Perwira Utama dan Chandra Andum Pambagyo, atas doa, kasih sayang, kesabaran, bantuan, semangat, serta

perhatian yang sangat besar kepada penulis. Tesis ini penulis persembahkan sebagai tanda cinta dan kasih sayang serta terima kasih untuk mereka.

9. Halimah Dwi Wahyuni, M.Si dan Intan Ayu Pratiwi, M.Si selaku sahabat yang tidak bosan-bosannya mengingatkan dan memotivasi penulis dengan segala cara untuk segera menyelesaikan penelitian dan penyusunan tesis. Semoga persahabatan ini tidak lekang oleh waktu.
10. Ratnawati, S. Psi. beserta keluarga, atas segala bantuan, do'a, semangat serta perhatian kepada penulis.
11. Iqbal, Bulan, Henry, Lala, Kinan dan Nita serta semua teman-teman S1 Biologi maupun S2 Biologi yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
12. Seluruh karyawan departemen Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga pada khususnya dan karyawan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga pada umumnya, karena senantiasa memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya kepada penulis selama proses perkuliahan.
13. Laboratorium Energi Institut Teknologi Sepuluh November dan Laboratorium Pengelolaan Sistem Pengendalian Lingkungan Universitas Surabaya atas layanan analisis yang terbaik kepada penulis.
14. Orang-orang yang mengenal penulis dan membantu baik langsung maupun tidak langsung, yang tidak bisa disebutkan satu persatu, atas segala bantuan, semangat, dan doa. Semoga Allah memberikan balasan yang lebih baik dari yang telah diberikan kepada penulis.

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN PERYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
ABSTRAK .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	4
1.4. Manfaat penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit .....	6
2.2. Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit .....	8
2.3. Proses Pengolahan Limbah Secara Anaerobik .....	9
2.4. Hidrolisis .....	10
2.5. Asidogenesis .....	11
2.6. Asetogenesis .....	11
2.7. Metanogenesis .....	12
2.8. Biogas .....	13
2.9. Faktor yang Mempengaruhi Produksi Biogas .....	14
2.10. Tinjauan Penelitian Terdahulu .....	16
2.11. Kerangka Konsep Penelitian .....	17
2.12. Hipotesis Penelitian .....	18
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>19</b>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	19
3.2. Bahan dan Alat Penelitian .....	19
3.2.1. Bahan penelitian .....	19
3.2.2. Alat penelitian .....	20
3.3. Rancangan Penelitian .....	20
3.4. Variabel Penelitian .....	21
3.5. Cara Kerja .....	21

3.5.1. Pengambilan dan analisis karakteristik sampel LCPKS .....	21
3.5.2. Pengukuran <i>Optical Density</i> (OD) dan pehitungan <i>Total Plate Count</i> (TPC) LCPKS .....	22
3.5.3. Pembuatan starter inokulum .....	22
3.5.4. Persiapan reaktor anaerob .....	25
3.5.5. Analisis pH pada LCPKS .....	27
3.5.6. Analisis <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	27
3.5.7. Analisis kandungan metana pada biogas menggunakan <i>Gas Chromatography-Flame Ionization Detector</i> (GC-FID) .....	28
3.5.8. Analisis data.....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>30</b>
4.1. Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit .....	30
4.2. Pengaruh Penambahan Konsorsium bakteri 10%, 15% dan 20% terhadap Produksi Biogas dan Kandungan Metana .....	32
4.3. Pengukuran Parameter yang Berpengaruh Terhadap Produksi Biogas .....	45
4.3.1 Suhu .....	46
4.3.2 Nilai pH .....	48
4.3.3 Kadar <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) .....	49
4.4. Pengaruh Penambahan Konsorsium Bakteri Terhadap Total Volume Gas dan Efektifitas Degradasi <i>Chemical Oxygen Demand</i> .....	51
4.5. Nilai <i>Total Plate Count</i> pada Masing-Masing Perlakuan .....	53
4.5.1. <i>Total Plate Count</i> bakteri metanogenik .....	54
4.5.2. <i>Total Plate Count</i> bakteri heterotrofik anaerob .....	57
4.5.3. <i>Total Plate Count</i> bakteri amilolitik, proteolitik dan lipolitik .....	59
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>66</b>
5.1. KESIMPULAN .....	66
5.2. SARAN .....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>68</b>



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>		<b>Halaman</b>
1	Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit	6
2	Komponen Utama Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit	7
3	Baku Mutu Limbah Cair Industri Minyak Kelapa Sawit	7
4	Komposisi Biogas	14
5	Ringkasan Tinjauan Penelitian Terdahulu	16
6	Volume LCPKS dan inokulum dalam reaktor anaerob	25
7	Hasil Analisis LCPKS PTPN XIII Long Pinang dan kadar maksimum parameter pencemar di lingkungan	30

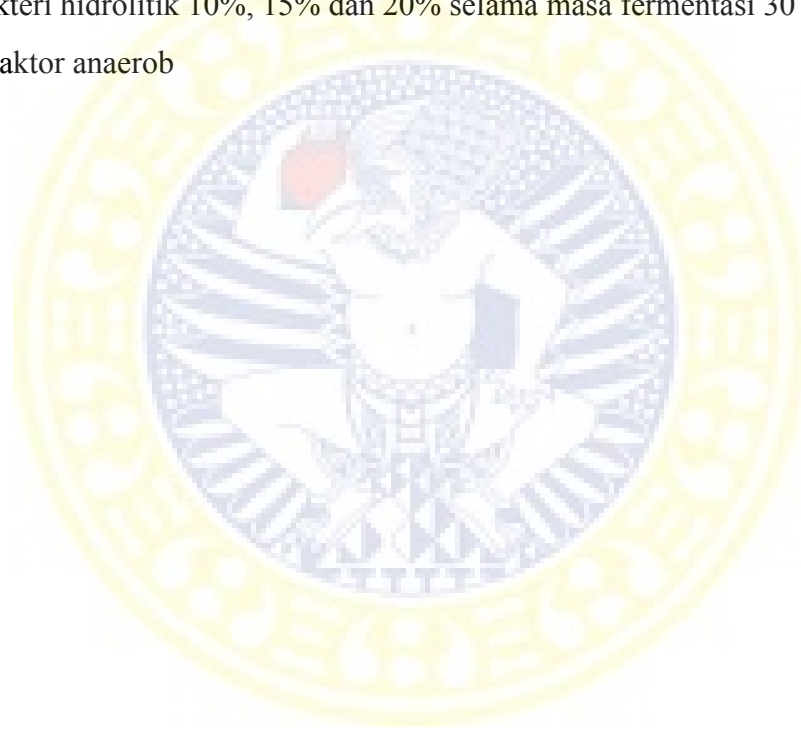
## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>		<b>Halaman</b>
1	Konversi bahan organik menjadi metana secara anaerobik	9
2	Skema reaktor anaerob	26
3	Skema penampungan dan pengukuran biogas dari reaktor anaerob	26
4	Hubungan antara ketercapaian suhu dan volume biogas pada reaktor anaerob selama 30 hari dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%	33
5	Hubungan antara fluktuasi nilai pH dan volume biogas pada reaktor anaerob selama 30 hari dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%	33
6	Hubungan antara produksi biogas dan nilai <i>Total Plate Count</i> bakteri heterotrofik anaerob pada reaktor anaerob selama 30 hari dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%	33
7	Hubungan antara ketercapaian suhu dan volume biogas pada reaktor anaerob selama 30 hari dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 15%	36
8	Hubungan antara fluktuasi nilai pH dan volume biogas pada reaktor anaerob selama 30 hari dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 15%	36
9	Hubungan antara produksi biogas dan nilai <i>Total Plate Count</i> bakteri heterotrofik anaerob pada reaktor anaerob selama 30 hari dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 15%	37
10	Hubungan antara ketercapaian suhu dan volume biogas pada reaktor anaerob selama 30 hari dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 20%	40
11	Hubungan antara fluktuasi nilai pH dan volume biogas pada reaktor anaerob selama 30 hari dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 20%	40
12	Hubungan antara produksi biogas dan nilai <i>Total Plate Count</i> bakteri heterotrofik anaerob pada reaktor anaerob selama 30 hari dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 20%	41
13	Volume biogas dan kadar metana setiap 10 hari pada konsorsium bakteri hidrolitik 10%, 15% dan 20%	43

14	Ketercapaian suhu di dalam reaktor selama fermentasi 30 hari dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%, 15% dan 20%	46
15	Ketercapaian pH di dalam reaktor selama 30 hari dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%, 15% dan 20%	48
16	Perubahan nilai COD pada perlakuan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%, 15% dan 20% selama 30 hari	50
17	Hubungan antara penambahan konsorsium bakteri hidrolitik terhadap total produksi biogas dan total degradasi COD selama 30 hari	51
18	Nilai TPC bakteri metanogenik dan kadar metana dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%, 15% dan 20%	54
19	Pertumbuhan bakteri heterotrofik anaerob dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%, 15% dan 20% selama 30 hari	57
20	Pertumbuhan bakteri amilolitik pada penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%, 15% dan 20% selama 30 hari	59
21	Pertumbuhan bakteri lipolitik pada penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%, 15% dan 20% selama 30 hari	61
22	Pertumbuhan bakteri proteolitik pada penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%, 15% dan 20% selama 30 hari	63

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>		<b>Halaman</b>
1	Produksi biogas dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%, 15% dan 20% selama masa fermentasi 30 hari	L-1
2	Lampiran statistik	L-2
3	Ketercapaian suhu selama 30 hari masa fermentasi pada penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%, 15% dan 20%	L-3
4	Ketercapaian nilai pH selama 30 hari masa fermentasi pada penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%, 15% dan 20%	L-4
5	Respon pertumbuhan bakteri metanogenik, heterotrofik anaerob, lipolitik, proteolitik dan amilolitik pada penambahan konsorsium bakteri hidrolitik 10%, 15% dan 20% selama masa fermentasi 30 hari	L-5
6	Reaktor anaerob	L-6



**Ario Mukti Wibowo, 2015**, Produksi Biogas dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dengan Variasi Konsentrasi Kultur Mikroba pada Reaktor Anaerob

Tesis ini dibawah bimbingan Dr. Ni'matuzahroh dan Dr. rer. nat. Ganden Supriyanto, M.Sc., Departemen Biologi dan Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

---

### ABSTRAK

Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS) yang dihasilkan oleh pabrik kelapa sawit PTPN XIII Long Pinang diketahui menyebabkan pencemaran bagi lingkungan dikarenakan memiliki nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang tinggi, selain itu proses penampungan LCPKS pada bak-bak terbuka menghasilkan gas rumah kaca berupa CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> yang berpotensi merusak lapisan ozon. Proses biokonversi metanogenik dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui produksi biogas dari LCPKS dengan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik sebesar 10%, 15% dan 20% dan *starter* bakteri metanogenik dari kotoran sapi selama 30 hari dalam reaktor anaerob. Data yang diperoleh selama masa fermentasi adalah volume biogas, kadar metana yang terkandung dalam biogas, pH, temperatur, kadar COD dan respon pertumbuhan bakteri pada beberapa media. Volume biogas dan kadar metana tertinggi selama 30 hari dicapai pada penambahan bakteri hidrolitik 20% dengan total volume biogas yang dihasilkan sebesar 17,52 L dengan kadar metana 24%. Degradasi COD tertinggi terpantau pada penambahan bakteri hidrolitik 15% dengan nilai sebesar 67,12%. Kisaran temperatur yang dicapai dari seluruh perlakuan berada pada nilai 32,17 °C hingga 35 °C dengan temperatur tertinggi dicapai pada penambahan bakteri hidrolitik 20%. Nilai pH pada penelitian ini terpantau pada kisaran 6,5 hingga 8,2. Hasil analisis statistik menggunakan uji *Brown-Forsythe* menunjukkan penambahan konsorsium bakteri hidrolitik sebanyak 20% efisien untuk produksi biogas dari LCPKS. Hal ini ditunjukkan dengan pencapaian produksi tertinggi tercapai pada hari ke 6 dengan volume sebesar 1,2 L.

Kata kunci : Limbah cair kelapa sawit (LCPKS), konsorsium bakteri, biogas, metana, reaktor anaerob

**Ario Mukti Wibowo, 2015, Biogas Production from Palm Oil Mill Effluent with Variation Concentration of Bacterial Consortium in Anaerobic Reactor**

This thesis was under the guidance of Dr. Ni'matuzahroh and Dr. rer. nat. Ganden Supriyanto, M.Sc, Department of Biology and Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Surabaya

---

**ABSTRACT**

Palm Oil Mill Effluent (POME) generated by PTPN XIII palm oil mill at Long Pinang cause pollution to the environment due to the high content of Biological Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD), besides that the storage of POME in open tanks produce greenhouse gases such as CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> that potentially damage the ozone layer. In this research, methanogenic bioconversion is performed to determine production of biogas from POME with addition of bacterial consortium by 10%, 15% and 20% and starter of methanogenic bacteria from cow dung for 30 days in an anaerobic reactor. Biogas volume, levels of methane contained in biogas, pH, temperature, COD and response to bacterial growth on some media in aerobic and anaerobic measured in this research. During the 30-day fermentation, total volume of biogas and methane levels were most substantial additions shown in the bacterial consortium 20% with a total volume of biogas and methane levels, respectively for 17,52 and 24%. Addition of 15% bacterial consortium showed optimum degradation of COD with value 67,12%. Temperature range is achieved from the entire treatment is at a value from 32,17 to 35 °C. The pH value in this study was observed in the range of 6,5 to 8,2. Results of statistical analysis using the Brown-Forsythe test showed the addition of hydrolytic bacterial consortium with a concentration of 20% efficient for the production of biogas from POME. This proved by the highest biogas production is achieved on day 6 with a volume of 1,2 L.

Keywords: Palm Oil Mill Effluent (POME), bacterial consortium, biogas, methane, anaerobic reactor