



Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

BSKJI Badan
Standardisasi dan
Kebijakan
Jasa Industri

PROSIDING

SEMINAR INDUSTRI HIJAU

"Pembangunan Industri Berkelanjutan Melalui Penerapan Industri Hijau"



KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN
BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI
2021

PROSIDING

SEMINAR INDUSTRI HIJAU 2021

Tema:

*“Pembangunan Industri Berkelanjutan
Melalui Penerapan Industri Hijau”*

Jakarta, 14 Juli 2021



**BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI BANJARBARU
BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN
2021**

PROSIDING SEMINAR INDUSTRI HIJAU 2021

"Pembangunan Industri Berkelanjutan Melalui Penerapan Industri Hijau"

STEERING COMMITTEE

- Pengarah : Dr. Ir. Doddy Rahadi, M.T.
(Kepala Badan Standardisasi dan Kebijakan Jasa Industri)
- Penanggung jawab : Budi Setiawan, S.T., M.M
(Kepala Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru)

ORGANIZING COMMITTEE

- Ketua Panitia : Ratri Yuli Lestari, S.Hut., M.Env.
- Sekretaris : Muhammad Khalish Hafizh, S.T.
Mochamad Fathi Rizqullah, S.Si.
- Seksi Acara dan Materi : Dr. Evy Setiawati, S.Si., M.T.
Dr. Nazarni Rahmi, S.TP., M.Si.
Nurhidayati, S.Si., M.T.
Hari Wisnu Murti, ST
Hamlan Ihsan, S.Si.
Rais Salim, S.Hut.
Kartika Inderiani, S.Si.
- Seksi Informasi Teknologi dan Multimedia : Vembi Danang Nuryuono, A.Md.
M. Isa Ansari
- Seksi Publikasi dan Sertifikat : Muhammad Sobirin, A.Md.
Muhammad Khalish Hafizh, S.T.
Mochamad Fathi Rizqullah, S.Si.

SCIENTIFIC COMMITTEE

- Ketua Tim Editor : Dr. Evy Setiawati, S.Si., M.T.
- Tim Editor : Dr. Nazarni Rahmi, S.TP., M.Si.
Nurhidayati, S.Si., M.T.
Ratri Yuli Lestari, S.Hut., M.Env.
Rais Salim, S.Hut.
Hamlan Ihsan, S.Si.
- Tim Reviewer : Dr. Aris Mukimin, S.Si., M.Si.
Dr. Evy Setiawati, S.Si., M.T.

Prof. Sunardi, S.Si., M.Sc., Ph.D.
Dedy Widya Asiyanto, S.Si., M.Si.
Nurhidayati, S.Si., M.T.
Ratri Yuli Lestari, S.Hut., M.Env.

Layout dan Desain Grafis

: Muhammad Sobirin, A.Md.
Muhammad Khalish Hafizh, S.T.
Mochamad Fathi Rizqullah, S.Si.

ISBN 978-602-73575-2-7

Penerbit:

Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru
Badan Standardisasi dan Kebijakan Jasa Industri
Kementerian Perindustrian

Redaksi:

Jalan Panglima Batur Barat No 2. Banjarbaru
Kalimantan Selatan 70711
Telp. (0511) 4774861
Fax. (0511) 4772115
Email: seminar.brsbb@gmail.com

Cetakan pertama, Agustus 2021

KEPALA BADAN STANDARDISASI DAN KEBIJAKAN JASA INDUSTRI
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN

KATA SAMBUTAN

Assalamu'alaikum wr. wb,-



Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga Prosiding Industri Hijau 2021 oleh Kementerian Perindustrian dapat diterbitkan. Prosiding ini merupakan hasil seminar yang telah diselenggarakan secara daring pada tanggal 14 Juli 2021.

Sesuai dengan salah satu tujuan pembangunan industri yang diamanatkan pada Undang-Undang No 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian yaitu mewujudkan industri yang mandiri, berdaya saing, dan maju, serta industri hijau. Pembangunan industri hijau secara spesifik bertujuan untuk mewujudkan industri yang berkelanjutan dalam rangka efisiensi dan efektivitas penggunaan sumber daya alam secara berkelanjutan sehingga mampu menyelaraskan pembangunan industri dengan kelangsungan dan kelestarian fungsi lingkungan hidup dan memberikan manfaat bagi masyarakat.

Sejalan dengan kesepakatan Paris Agreement, Badan Standardisasi dan Kebijakan Jasa Industri (BSKJI) aktif menjalankan amanat pembangunan industri hijau dan mendukung pencapaian target *net zero emission* melalui langkah-langkah penyiapan standardisasi, penguatan lembaga sertifikasi, dan pembinaan perusahaan industri untuk dapat memenuhi sertifikasi industri hijau serta penyiapan kebijakan dan aktivitas jasa industri untuk industri hijau.

BSKJI melalui satuan Kerja Pusat, Balai Besar dan Baristand Industri terus aktif menjalankan peran standardisasi dan kebijakan jasa industri hijau melalui aktivitas optimalisasi pemanfaatan teknologi industri sehingga mampu menjadi *Technology Provider* dan Konsultan Teknologi, sebagai Training Center dan Lembaga Sertifikasi, serta sebagai Konsultan Manajemen Sistem SDGs dan Lembaga Penilai Kesesuaian SDGs dan Lembaga Validasi dan Verifikasi (LVV): Energi dan Gas Rumah Kaca.

Akhir kata, Kegiatan seminar dan penerbitan prosiding ini kami harapkan memberikan kontribusi dalam pembangunan industri hijau kepada masyarakat dan mengakselerasi adaptasi pengetahuan dan wawasan CPNS untuk mendukung tugas dan fungsi BSKJI.

Wassalamu'alaikum wr. wb,-

Jakarta, 14 Juli 2021

Kepala Badan Standardisasi dan Kebijakan Jasa Industri



Dr. Ir. Doddy Rahadi, MT.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa yang selalu mencurahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua, serta atas ijinNya Seminar Industri Hijau 2021 dengan tema “*Pembangunan Industri Berkelanjutan Melalui Penerapan Industri Hijau*”, dapat terlaksana dengan baik dan Prosiding ini dapat diterbitkan.

Tema tersebut dipilih supaya kebijakan industri hijau lebih mudah dipahami bersama oleh seluruh pegawai di lingkungan Badan Standardisasi dan Kebijakan Jasa Industri (BSKJI) dengan satu kata dan satu langkah dalam menjalankan pembangunan industri hijau yang merupakan amanat pembangunan industri dalam Undang-Undang No 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian.

Seminar yang diselenggarakan pada tanggal 14 Juli 2021 secara virtual ini diikuti oleh 94 (Sembilan puluh empat) orang Calon Pegawai Negeri Sipil (CPNS) di lingkungan BSKJI sebagai pemakalah oral dan 200 orang undangan. Adapun peserta pemakalah yang dibagi menjadi 24 (dua puluh empat) kelompok dengan 7 (tujuh) sub tema, terdiri dari teknologi proses industri yang efektif dan efisien; teknologi pengolahan limbah produksi industri; *circular economy*; energi baru dan terbarukan; kebijakan iklim usaha untuk mendorong pembangunan berkelanjutan; teknologi industri 4.0 untuk mendorong industri hijau, dan mitigasi perubahan iklim di sektor industri.

Untuk meningkatkan capaian ekonomi dan pertumbuhan industri hijau, Kementerian Perindustrian telah menetapkan target dan rencana aksi untuk tahun 2021 – 2030 untuk penguatan kebijakan, peningkatan infrastruktur, peningkatan penerapan industri hijau. Dalam mencapai kegiatan tersebut, beberapa hal yang dapat dilaksanakan, antara lain penyusunan standard industri hijau, penunjukkan lembaga sertifikasi industri hijau baru, penyusunan pedoman penerapan industri hijau, sosialisasi dan promosi industri hijau, bimbingan teknis penerapan industri hijau, pelatihan dan pendampingan sertifikasi industri hijau, dan pelaksanaan program nasional seperti penurunan emisi gas rumah kaca, pengelolaan sampah, *circular economy*). Diharapkan dengan rencana aksi tersebut, mampu meningkatkan daya saing industri, efisiensi sumber daya alam, penurunan tingkat pencemaran dan pemenuhan program nasional.

Atas terselenggaranya seminar dan terselesaikannya prosiding ini, panitia menyampaikan penghargaan setinggi-tingginya disertai ucapan terimakasih kepada Kepala Badan Standardisasi dan Kebijakan Jasa Industri yang telah berkenan memberikan arahan dan membuka secara resmi seminar industri hijau, Sekretaris BSKJI, Kepala Pusat, Kepala Satker di lingkungan BSKJI dan semua pihak yang telah membantu kelancaran kegiatan ini, terutama kepada para keynote speaker atas motivasinya, dan kepada para reviewer atas masukannya, kepada para pemakalah atas kontribusinya, dan kepada para peserta atas partisipasinya. Semoga Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa meridhoi semua usaha baik kita.

Akhir kata, panitia menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya atas segala kekurangan dalam penyelenggaraan seminar ini, mulai saat kegiatan hingga terbitnya prosiding ini.

Jakarta, Juli 2021

Tim Redaksi

DAFTAR ISI

TIM REDAKSI	i
KATA SAMBUTAN KEPALA BSKJI	iii
KATA PENGANTAR TIM REDAKSI	iv
DAFTAR ISI	vi
TEKNOLOGI PROSES INDUSTRI YANG EFEKTIF DAN EFISIEN	
Teknologi dan proses industri yang efektif dan efisien dalam upaya penurunan emisi gas CO ₂	1-14
Sirkularitas dalam produk, proses, dan layanan kimia hijau: Rute inovatif berdasarkan desain ramah lingkungan dan sistem solusi terintegrasi (<i>Review</i>).....	15-24
Penggunaan Pelarut Organosolv Sebagai Upaya Peningkatan Efektifitas dan Efisiensi Teknologi Proses Industri Pulp	25-36
Penurunan <i>Downtime</i> Pengelasan Radiator Akibat <i>Water Hammer</i> Pada Area <i>Flash Dryer</i> Mesin Produksi Tapioka	37-44
TEKNOLOGI PENGOLAHAN LIMBAH PRODUKSI INDUSTRI	
Potensi Ozonasi Katalitik dalam Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil di Indonesia (<i>Review</i>).....	45-56
Potensi Teknologi pada Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sebagai Solusi Pengolahan Air Limbah pada Industri Tekstil di Indonesia	57-68
Teknologi Pengolahan Limbah POME (<i>Palm Oil Mill Effluent</i>) dengan Sistem Anaerobik di Industri Kelapa Sawit.....	69-78
Teknologi Pengolahan Kandungan Kromium pada Limbah Industri Penyamakan Kulit dengan Metode Koagulasi.....	79-84
CIRCULAR ECONOMY (4R)	
Penerapan <i>circular economy</i> pada proses penyamakan kulit dengan metode <i>reduce, recycle, recovery</i> dan <i>reuse</i>	85-92
4R Pengolahan Limbah Plastik Sebagai Campuran Aspal.....	93-102
Identifikasi penerapan <i>circular economy</i> pada teknologi destilator limbah plastik muryani sebagai alternatif bbm.....	103-112
Penerapan <i>circular economy</i> pada limbah kertas dan kardus menjadi penyerap sisa fluida cair dalam industry.....	113-124
ENERGI BARU DAN TERBARUKAN	
Kultivasi <i>Botryococcus braunii</i> dengan Optimasi Intensitas Cahaya untuk Meningkatkan Biomassa dan Produksi Hidrokarbon.....	125-134
Pengembangan Dan Efisiensi Penggunaan Bioenergi Sebagai Energi Alternatif Pengganti Energi Fosil Di Masa Depan (<i>Review</i>).....	135-148
Pemanfaatan limbah septik-tank sebagai potensi sumber energi biogas.....	149-158
KEBIJAKAN IKLIM USAHA UNTUK MENDORONG PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN	
Kebijakan <i>Sustainable Developments Goals</i> (SDGs) yang Berwawasan Lingkungan Indonesia di Era New Normal Covid 19.....	159-172
Quality Assurance Berbasis Industri Hijau Pada IKM Pangan.....	173-180



TEKNOLOGI INDUSTRI 4.0 UNTUK MENDORONG INDUSTRI HIJAU

Penerapan teknologi pemantauan air limbah berbasis <i>real time Application of real time based wastewater monitoring technology</i>	181-190
<i>Smart Water Monitoring</i> , Pemantauan kualitas air secara real time yang berbasis IoT.....	191-202
Implementasi <i>Internet of Things</i> pada Pengelolaan Emisi Gas Rumah Kaca di Industri (<i>Review</i>).....	203-218

MITIGASI PERUBAHAN IKLIM DI SEKTOR INDUSTRI

Penggunaan Teknologi Carbon Capture dengan Fotobioreaktor Mikroalga Untuk Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca.....	219-226
Reklamasi Lahan Eks Tambang Untuk Mitigasi Perubahan Iklim Mendukung Keberlanjutan Pembangunan di Sektor Pertanian.....	227-236
Strategi menurunkan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada industri pupuk.....	237-250

Teknologi pengolahan limbah POME (*Palm Oil Mill Effluent*) dengan sistem anaerobik di industri kelapa sawit
POME (Palm Oil Mill Effluent) waste treatment technology with anaerobic system in the palm oil industry

Fandi.P^{a,*}, Nufriadi.T^a, Amelia.R^b, Dewita.I.U^b

^a Balai Besar Logam dan Mesin

Jl. Sangkuriang No.12, Bandung, Indonesia

^b Balai Pengembangan Produk dan Standardisasi Industri

Jl. Hang Tuah Ujung No.124, Pekanbaru, Indonesia

*fandipurnama@kemenperin.go.id.

ABSTRAK

Peningkatan produksi kelapa sawit berbanding lurus dengan peningkatan limbah cair kelapa sawit / *Palm Oil Mill Effluent* (POME). Setiap 1 ton minyak sawit menghasilkan 2,5 m³ POME, sepanjang tahun 2015-2020 rata-rata produksi POME setiap tahunnya adalah sebanyak 98,3 juta m³ yang tidak dapat langsung dibuang karena memiliki kadar polutan yang tinggi sehingga diperlukan teknologi pengolahan limbah agar dapat mengurangi kadar polutan tersebut. Artikel ini bertujuan untuk mengkaji teknologi pengolahan POME secara anaerobik sehingga dapat memberikan pemahaman tentang pengolahan dan penanganan limbah cair industri kelapa sawit. Sistem anaerobik merupakan salah satu teknologi yang banyak digunakan untuk mengolah limbah kelapa sawit, teknologi ini mampu mengubah limbah kelapa sawit dari bahan berbahaya menjadi limbah yang ramah lingkungan dan bahkan dapat mengubahnya menjadi produk bermanfaat seperti biogas dengan penambahan material tertentu (Inokulasi). Pengolahan air limbah POME secara anaerobik mampu mendegradasi dan mengkonversi hampir keseluruhan bahan organik kompleks menjadi energi biogas. Bila ini diterapkan maka Indonesia berpotensi menghasilkan 258 miliar m³ biogas yang dapat dimanfaatkan secara optimal. Meskipun demikian masih diperlukan penelitian lebih lanjut terkait pemanfaatan POME untuk biogas sehingga hasil yang didapat bisa lebih optimal.

Kata Kunci : POME (*Palm Oil Mill Effluent*), anaerobik, teknologi pengolahan limbah, inokulasi, biogas

ABSTRACT

Increase in Oil palm production directly proportional with increase in liquid waste palm oil / Palm Oil Mill Effluent (POME). 1 ton of palm oil produces 2,5 m³ liquid waste. Throughout the year 2015-2020 average POME production is 98,3 million/year which is not directly dispose into the river, due have high pollutant, that's why waste treatment technology is needed for reducing the pollutant. This article aims to review the anaerobic POME treatment technology understanding the processing and handling of palm oil industry liquid waste in order to provide an understanding of how to process and handle liquid waste from the palm oil industry. Anaerobic POME wastewater treatment is able to degrade and convert almost all complex organic matter into biogas energy. If this is implemented, Indonesia has the potential to produce 258 billion m³ of biogas which can be utilized optimally. However, further research is still needed regarding the use of POME for biogas so that the results obtained can be more optimal.

Keywords : POME (*Palm Oil Mill Effluent*), anaerobic, waste treatment technology, inoculation, biogas

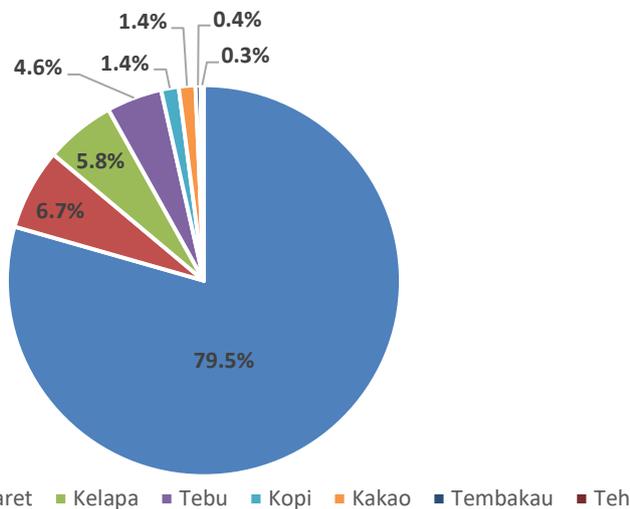


I. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai 8 komoditas perkebunan unggulan, yaitu: Kelapa sawit, karet, kelapa, tebu, kopi, kakao, tembakau, dan teh. (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021). Berdasarkan data tahun 2015-2020, kelapa sawit memiliki pencapaian produksi paling tinggi serta persentase paling besar. Data tersebut dapat dilihat pada tabel dan diagram pada Gambar 1 berikut :

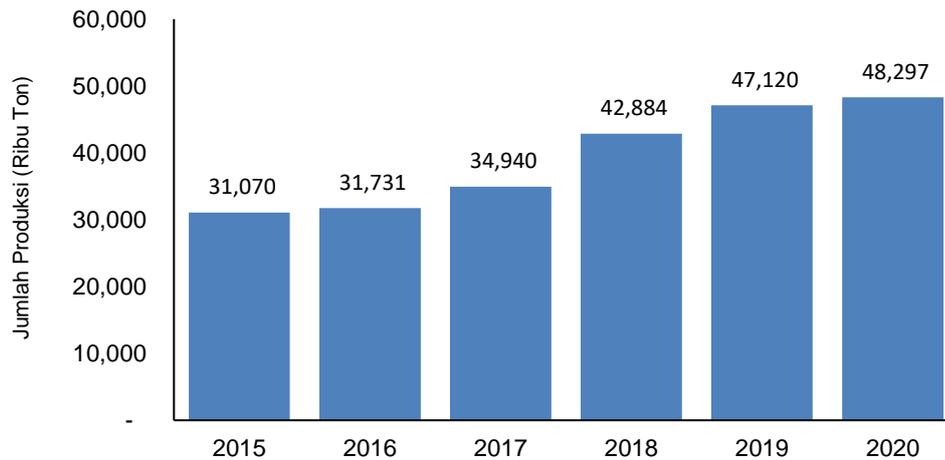
Tabel 1. Data Hasil Produksi Komoditas Perkebunan Tahun 2015-2020
(Sumber: Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021)

Komoditas Perkebunan	Tahun Produksi (Ribuan Ton)						Total Produksi
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Kelapa Sawit	31.070,00	31.731,00	34.940,00	42.884,00	47.120,00	48.297,00	236.041,90
Karet	3.145,40	3.307,10	3.680,40	3.630,40	3.301,60	2.884,60	19.949,50
Kelapa	2.920,70	2.904,20	2.854,30	2.840,20	2.839,90	2.811,90	17.171,20
Tebu	2.498,00	2.332,50	2.191,00	2.171,70	2.227,00	2.130,70	13.550,90
Kopi	639,40	663,90	716,10	756,00	752,50	753,90	4.281,80
Kakao	593,30	658,40	585,20	767,40	734,70	713,40	4.052,40
Tembakau	196,20	126,70	180,90	195,50	269,80	261,40	1.230,50
Teh	132,60	122,50	140,60	140,10	129,90	127,90	793,60
Total	41.195,60	41.846,30	45.288,80	53.384,80	57.375,60	57.980,70	297.071,80



Gambar 1. Persentase Hasil Produksi Komoditas Perkebunan Tahun 2015-2020
(Sumber: Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021)

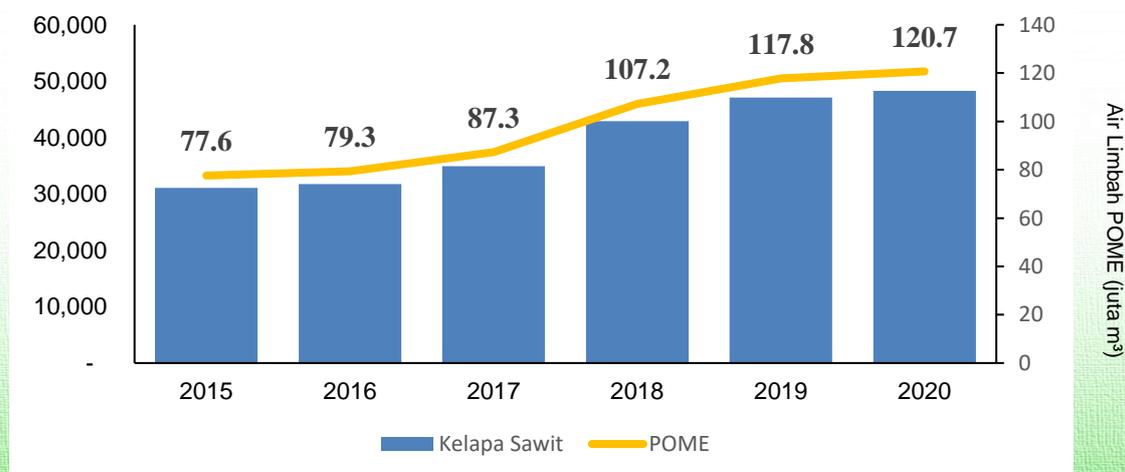
Selama periode tahun 2015 sampai 2020 produksi kelapa sawit sangatlah stabil, hal itu ditunjukkan dengan terus meningkatnya produksi komoditas ini setiap tahunnya. Data tersebut dapat dilihat pada grafik di Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Tren Jumlah Produksi Kelapa Sawit Tahun 2015-2020
 (Sumber: Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021)

Peningkatan jumlah produksi kelapa sawit tentu akan berbanding lurus dengan peningkatan limbah produksi. Berdasarkan bentuknya, limbah kelapa sawit terbagi menjadi dua jenis yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah padat berasal dari residu bahan padat, seperti cangkang, sabut kelapa, dan juga janjan kosong. Sementara itu limbah cair berasal dari sisa bahan cair seperti *condensat* perebusan dan campuran *calcium carbonate* (Melisa dan Mulono, 2020). Saat ini mayoritas pabrik kelapa sawit di Indonesia masih mengaplikasikan penggilingan basah yang memerlukan banyak penggunaan air pada prosesnya. Hal ini memiliki dampak terhadap masih tingginya air limbah kelapa sawit yang dihasilkan sebagai sisa dari proses penggilingan ini (Muliari dan Ilham, 2016).

Hanim et al. (2020) menyampaikan bahwa dalam setiap 1 ton minyak sawit dapat menghasilkan 2.5 m³ air limbah atau POME (*Palm Oil Mill Effluent*) yang memiliki kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) rata-rata 21.280 mg/l, kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 34.730 mg/l, selain itu juga memiliki kandungan minyak dan lemak dengan rata-rata sebanyak 3.075 mg/l serta memiliki pH sebesar 3,5-4. Sementara itu Winanti et al. (2019) menyampaikan kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) dalam air limbah kelapa sawit sebesar 230-540 mg/l.



Gambar 3. Data Jumlah POME Tahun 2015-2020
 (Sumber : Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021)



Alkyol (Dalam Winanti et al., 2019) menyatakan bahwa air limbah kelapa sawit tidak dapat dibuang langsung ke saluran pembuangan tanpa diolah terlebih dahulu, hal itu disebabkan kandungan-kandungan yang dimiliki oleh air limbah dapat merusak ekosistem dan ekologi air. Maka dari itu pemerintah sudah menetapkan standard baku mutu limbah industri minyak sawit yang diperbolehkan untuk dibuang pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Baku Mutu Limbah Industri Minyak Sawit

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
BOD	100	0.25
COD	350	0.88
TSS	250	0.63
Minyak dan Lemak	25	0.063
Nitrogen Total	50	0.125
Ph	6.0 – 9.0	
Debit limbah paling tinggi	2.5 m ² per ton produk minyak sawit (CPO)	

(Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No.5 (2014))

Maka dari itu pabrik-pabrik kelapa sawit harus melakukan pengolahan terhadap air limbahnya agar dapat memenuhi standard baku mutu tersebut sebelum air limbah yang dihasilkan dibuang melalui saluran pembuangan.

II. TEKNOLOGI PENGOLAHAN AIR LIMBAH POME

Ada tiga metode pengolahan limbah kelapa sawit Menurut Nainggolan dan Susilawati (Dalam Ripka, 2019), yaitu dengan menggunakan sistem lahan (*Land application*), sistem kolam (*Ponding system*), dan kolam dengan elektrokoagulasi. Metode-metode tersebut ditujukan untuk mengurangi kandungan pada POME yang dapat mencemari lingkungan.

Land application (Sistem lahan) merupakan proses pengolahan air limbah POME dengan mengalirkan limbah melalui beberapa kolam namun dalam penerapan proses ini, air limbah hanya dialirkan sampai dengan kolam anaerobik saja, karena selanjutnya limbah yang berbentuk cair ini dipompakan ke lahan kelapa sawit sebagai pupuk (Muhadi, 2013). Kandungan organik dan unsur hara yang dimiliki oleh POME membuat sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut.

Sistem kolam adalah sistem yang umum dan paling banyak digunakan oleh pabrik kelapa sawit dalam mengolah air limbah POME. Hanim et al. (2020) menuturkan bahwa dalam sistem ini terdiri dari beberapa kolam terbuka yaitu: kolam *fat pit*, kolam pendinginan, kolam pengasaman, kolam pembiakan mikroba, kolam anaerob, kolam aerob, kolam sedimentasi kemudian yang terakhir *land application*.

Sistem elektrokoagulasi merupakan sistem pengolahan lanjutan untuk mengolah air limbah POME setelah sistem pengolahan yang menggunakan Reaktor Anaerobik Unggun Tetap (RANUT). Hanum et al. (2015) menyampaikan bahwa karakteristik keluaran limbah POME setelah pengolahan RANUT belum dapat memenuhi standard baku mutu yang sudah ditetapkan pemerintah, sehingga diperlukan pengolahan limbah lanjutan setelah proses RANUT tersebut. Sementara itu pengertian dari sistem elektrokoagulasi sendiri adalah sebuah gabungan dari proses elektrokimia dan flokulasi koagulasi (Hanum et al., 2015)

Metode pengolahan POME dilakukan karena POME dipandang sebagai limbah yang dapat dimanfaatkan lebih jauh seperti yang disampaikan oleh Susilawati dan Supijatno (2019) bahwa POME memiliki cukup banyak kandungan organik sehingga dapat diolah menjadi pupuk. Sementara itu Hosseini dan Wahid (Dalam Melly et al., 2018) menyampaikan bahwa POME memiliki sebuah potensi besar sebagai sumber energi yang

dapat terbarukan karena terdapat gas metana dan hidrogen yang didapat melalui proses penguraian anaerobik namun perlu dilakukan proses yaitu dengan menangkap gas tersebut.

Sistem anaerobik merupakan salah satu sistem dalam rangkaian metode pengolahan air limbah POME, pada sistem ini dikenal mampu mengolah POME menjadi hal yang bermanfaat seperti pupuk dan juga biogas. Sebelumnya POME tersebut hanya dibiarkan pada kolam-kolam terbuka kemudian dibiarkan begitu saja sampai terurai sendiri. Namun hal ini dianggap tidak efektif karena selain menghasilkan bau limbah ini juga melepaskan gas rumah kaca (Hakim dan Lya, 2018).

Menurut Darwin (Dalam Purwanto. 2013) pengolahan air limbah secara anaerobik merupakan sebuah proses degradasi pada senyawa-senyawa organik yang terkandung dalam POME seperti karbohidrat, protein dan lemak yang dilakukan oleh bakteri tanpa kehadiran oksigen. Sementara itu Winanti et al. (2019) menerangkan bahwa proses anaerobik adalah sebuah proses fermentasi dari bahan-bahan organik dengan aktivitas bakteri anaerob yang dilakukan dengan kondisi tanpa adanya oksigen bebas. Dalam pernyataan lainnya, Winanti et al. (2019) menyampaikan bahwa air limbah POME memiliki bahan yang hampir seluruhnya dapat terbiodegradasi dan dikonversikan menjadi biogas yang dapat dilakukan melalui proses anaerobik yang dapat mengubah bahan organik kompleks menjadi energi.

Proses pengolahan limbah secara anaerobik memiliki beberapa tahapan yang harus dilalui yaitu hidrolisis (Polimer rantai pendek), acidogenesis (Asidifikasi), acetogenesis (Pembentukan asam asetat) dan methanogenesis (Pembentukan metana) (Hakim & Agustina, 2018). Sementara itu Stronach et al (Dalam Winanti et al. 2019) menerangkan terkait dengan proses dari degradasi anaerobik yang diawali dari substrat kemudian secara lambat diubah menjadi bentuk glukosa, asam amino dan lemak yang dilakukan oleh bakteri hidrolitik dengan proses yang disebut proses hidrolisis, kemudian dari hasil proses tersebut dilakukan perubahan lagi menjadi berbagai macam bahan seperti air, amonia, hidrogen sulfida dan etanol dengan proses asetogenik, selanjutnya bakteri akan mengubah bentuk-bentuk tersebut menjadi hydrogen, karbondioksida, dan asam asetat, kemudian proses terakhir menggunakan bakteri metanogenik yang mengubah bahan yang ada menjadi menjadi biogas, metana dan karbon dioksida.

Metode pengolahan POME terdiri diantaranya *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR), *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), *Anaerobic Sequencing Batch Reactor* (ASBR), *Expanded Granular Sludge Bed Reactor* (EGSB), *Anaerobic Fluidized Bed Reactor* (AFBR), *Upflow Anaerobic Sludge Fixed Film* (UASFF) (Hakim & Agustina, 2018). Penggunaan metode anaerobik tergantung kepada karakteristik limbah yang akan diolah serta kemampuan pengguna dalam pengoperasian maupun penerapan.

- CSTR adalah tangki digester yang diberi *mixer* (pengaduk) yang memiliki fungsi untuk memperluas kontak area dengan biomassa sehingga dapat meningkatkan produksi biogas. (Durrutun et al, 2015)
- ABR merupakan sebuah bioreaktor yang memiliki kompartemen berupa sekat-sekat vertikal. Reaktor tipe ABR dapat digunakan untuk mengolah berbagai macam jenis limbah. Proses dalam reaktor ABR adalah penggabungan beberapa proses seperti sedimentasi dengan penguraian lumpur secara parsial dalam kompartemen yang sama. Dengan kata lain ABR ini merupakan sistem pengolahan anaerob tersuspensi dalam bioreaktor berpenyekat. (Siti et al, 2016)
- UASB ialah salah satu jenis reaktor yang mampu membedakan pembentukan lumpur granular dibanding dengan teknologi reaktor anaerobik lainnya. Bakteri yang hidup di lumpur dalam reaktor UASB akan memecah bahan organik menjadi biogas. (Surya et al, 2019)

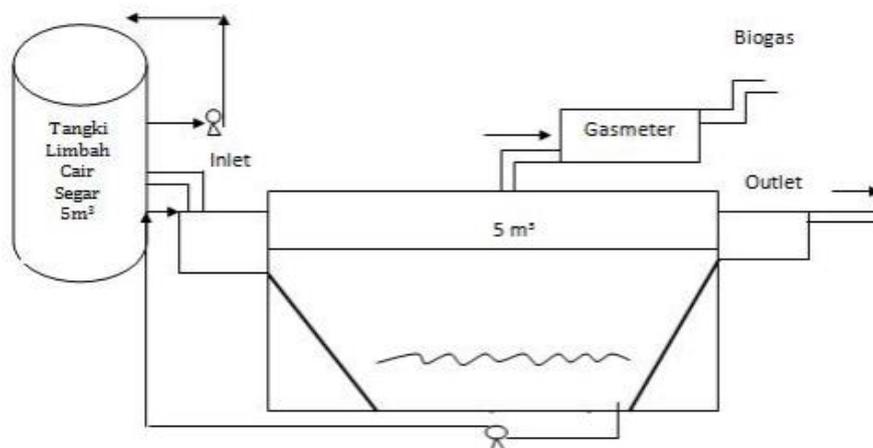


- EGSB merupakan reaktor yang memiliki kesamaan proses dengan reaktor UASB, tetapi dengan tingkat kecepatan aliran ke atas yang lebih tinggi untuk memungkinkan air limbah melewati tumpukan lumpur. (Winrock Internasional, 2015)
- UASFF adalah kombinasi antara UASB reaktor dan *anaerobic filter*. UASFF menggabungkan keunggulan dari kedua reaktor ini dan meminimalkan kekurangan masing-masing reaktor. (Durrotun et al, 2015)

III. TEKNOLOGI ANAEROBIK UNTUK MENGOLAH LIMBAH POME

POME memiliki bau tidak sedap dan bau tersebut bersumber dari senyawa-senyawa gas yang dihasilkan seperti H_2S dan NH_3 yang menimbulkan bau busuk pada saat berlangsungnya aktivitas bakteri (Saragih et. al., 2019), sementara itu kandungan lain seperti gas metana merupakan salah satu penyebab utama gas rumah kaca (GRK) yang memiliki *global warming potential* lebih kuat 20-30 kali dibanding gas karbon dioksida (Porteus. dalam Sarono et al.. 2014). Namun disini lain material ini memiliki kandungan-kandungan yang dapat dimanfaatkan sebagai energi yang terbarukan (Sulaiman et al.. 2011). Kolam tertutup dalam proses anaerobik berfungsi sebagai penangkap gas metana sehingga dapat dimanfaatkan lebih lanjut sebagai sumber energi (Irvan et al.. 2014).

POME disirkulasikan dalam tanki penampung agar menjadi limbah yang homogen sehingga mempercepat proses pembentukan gas metana (Shintawati et al.. 2017) seperti yang terlihat pada Gambar 3. POME dialirkan kedalam kolam tertutup dan disirkulasikan secara periodic untuk menjaga parameter agar sesuai. (Sarono et al.. 2014)



Gambar 4. Contoh kolam anaerobik (Bioreaktor tertutup)
Sumber : Shintawati et al. (2017)

Tahap berikutnya yaitu inokulasi yang merupakan tahapan pemindahan satu mikroorganisme ke dalam substrat yang ditandai dengan penambahan material atau senyawa kedalam POME, sehingga mampu menstimulasi dalam pembentukan gas metana (Winanti et al.. 2019). Terdapat beberapa material yang dapat ditambahkan pada POME seperti yang terlihat pada Tabel 3, yaitu :

Tabel 3. Perbandingan Hasil Tipe Reaktor Anaerobik dan Material Tambahan Inokulasi

Penulis (Tahun)	Tipe Reaktor	Material Tambahan	Parameter				
			COD (mg/L)	BOD (mg/L)	TSS (mg/L)	pH	Biogas (m ³ /ton)
Riky Yonas et al. (2012)	Reaktor Tertutup	Mikroalga dengan nutrient N 40 ppm	158,33	55,41	-	-	-
Purwanto (2013)	Reaktor UAF	PAC 0,5%	59,94-65,77	28,8-31,2	48-57	6,65	-
Krismawati et al. (2013)	Fakultatis Anaerobik-Fitoremediasi	Lumpur Anaerob	206,67 - 324,67	-	-	-	-
Susilo et al. (2016)	Rotating Biological Contactor	Pupuk NPK	285,6	150,1	99,9	7,8	-
Shintawati et al. (2017)	Bioreaktor Tertutup	POME Segar	-	-	-	-	2,59
Winanti et al. (2019)	Anaerobik Fix Bed Reaktor	Kotoran Sapi	520	-	-	-	2,65
Amalia & Panca (2019)	Anaerobik Fix Bed Reaktor	Pupuk NPK	49,2	-	414	-	-
Saragih et al. (2019)	Land Application	Kotoran Sapi	-	4,74	-	-	-
Melisa & Mulono (2020)	Reaktor Tertutup	Mikroalga	319	43	-	-	-
Hanim et al. (2020)	Kolam Tertutup	Klorin, al, fosfor	191,22	89,6	178	-	-

Dari Tabel 3 tersebut dapat dilihat bahwa dengan menambahkan material yang tepat pada saat pengolahan POME dapat menurunkan berbagai parameter baku mutu limbah yang sudah ditetapkan oleh pemerintah. Sehingga air limbah yang akan dialirkan ke saluran pembuangan menjadi lebih ramah lingkungan, selain itu penggunaan material tambahan juga dapat menurunkan waktu proses POME.

Seperti yang disampaikan oleh Amalia dan Panca (2019) bahwa dengan penambahan pupuk NPK dapat memaksimalkan pendegradasian pada limbah POME sehingga dapat mempercepat waktu tinggal POME dalam reaktor. Sedangkan Susilo et al. (2016) menambahkan bahwa pupuk NPK memiliki peran untuk memperlambat perkembangan mikroalga selain itu penambahan pupuk NPK juga dapat memberikan nutrisi pada bakteri pengurai.

Sementara itu Winanti et al. (2019) menyampaikan bahwa penggunaan kotoran sapi dapat mempermudah pembentukan gas metana karena kotoran sapi mengandung poli bakteri. Disisi lain kotoran sapi memiliki bakteri *mesofilik* yang dapat secara langsung mendegradasi kandungan BOD pada limbah POME lebih efisien (Saragih et al., 2019)

Penentu suatu keberhasilan dalam pengolahan limbah POME ini memiliki beberapa faktor, diantaranya adalah kemampuan dan keyakinan suatu instansi/perusahaan untuk mengolah limbah tersebut berdasarkan dari jenis mikroba yang digunakan dan karakter air limbah tersebut, karena jika suatu perusahaan mempunyai kemampuan pengelolaan yang baik maka jika terjadi suatu masalah akan diatasi dengan cepat.

Tabel 3 juga menunjukkan hanya Shintawati et al. (2017) dan Winanti et al. (2019) yang memberikan kesimpulan bahwa *output* biogas yaitu masing-masing sebesar 2,59 dan 2,65 (m³/ton) limbah cair yang diproses. Jika dirata-ratakan maka dalam setiap ton air limbah yang diproses akan menghasilkan 2,62 m³ biogas.



IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Produksi kelapa sawit di Indonesia meningkat setiap tahunnya, hal tersebut berbanding lurus dengan peningkatan jumlah limbah POME dimana dalam rentang tahun 2015-2020 Indonesia menghasilkan limbah POME rata-rata sebanyak 98,3 juta m³ setiap tahunnya. POME merupakan material sisa dari proses pengolahan kelapa sawit yang dikenal sebagai limbah yang memiliki kandungan membahayakan. Namun, jika dilakukan pengolahan dengan baik maka dapat dimanfaatkan menjadi hal lain seperti pupuk dan juga biogas.

Pemerintah sudah menetapkan standar baku mutu limbah cair kelapa sawit, hal tersebut membuat perusahaan harus mengolah POME terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Adapun metode pengolahan POME yang banyak digunakan adalah metode anareobik terdiri diantaranya CSTR, ABR, UASB, ASBR, EGSB, AFBR, UASFF. Selain itu terdapat penambahan material untuk meningkatkan efektivitas penurunan parameter POME seperti kotoran sapi, pupuk NPK dan limbah POME segar. Namun dalam penerapannya, masing-masing pengguna dapat memilih reaktor maupun material inokulasi sesuai dengan kemampuan dan keyakinannya. Hal tersebut dikarenakan sampai dengan saat ini tidak ada klaim yang mengatakan reaktor ataupun senyawa tambahan yang paling baik, semua kembali kepada masing-masing pengguna.

Potensi manfaat POME menjadi biogas cukup menjanjikan, dimana pada penelitian yang sudah dilakukan dalam setiap ton air limbah kelapa sawit akan menghasilkan 2,63 m³ biogas jika dikalkulasikan dalam rentang tahun 2015-2020 maka rata-rata setiap tahunnya Indonesia dapat menghasilkan 258 miliar m³ biogas. Angka yang sangat besar jika dapat dikelola dengan maksimal dan optimal.

Besarnya potensi POME menjadi biogas masih belum dapat dimanfaatkan secara optimal hal tersebut dikarenakan masih banyak perusahaan yang belum memiliki teknologi pengolahan limbah yang memadai. Hal tersebut menjadi pekerjaan rumah bagi para pemangku kepentingan agar dapat memberikan edukasi terkait manfaat POME. Selain itu diperlukan riset lebih lanjut agar pemanfaatan POME sebagai energi terbarukan bias lebih dapat dimaksimalkan.

UCAPAN TERIMAKASIH

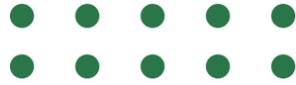
Terima kasih penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmatNya karya tulis ini dapat diselesaikan dan kepada tim penyusun karya tulis yang telah bekerja sama selama penyusunan dan pembuatan, kiranya karya tulis ilmiah ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan menambah wawasan bagi kita semua.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Hakim, H., & Agustina, L. (2018). Potensi Gas Rumah Kaca (GRK) Kolam Anaerobik Pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (LCPKS). *Enviroscientiae*, 14(3), 193-199.
- Baihaqi, B., Rahman, M., Zulfahmi, I. & Hidayat, M., (2018). Bioremediasi Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Menggunakan *Spirogyra sp.* Biotik. *Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 5(2), 125-134.
- Bambang Trisakti, Irvan, M Taufan Anantama, Arbie Saldi Zusri, Alfian Haikel Lubis, & Sri Eka Cahyani. (2019). Pengaruh Rasio Recycle Terhadap Produksi Biogas Menggunakan Reaktor Tangki Berpengaduk Berbantuan Membran Ultrafiltrasi Pada Kondisi Transisi (45°C). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 8(1), 37-41
- Dana Sembiring, S., Irvan, Trisakti, B., & Novita Sari Sihombing, D. (2019). Stabilitas Reaktor Uplow Anaerobic Sludge Blanket-Hollow Centered Packed Bed dalam Produksi Biogas pada Kondisi Ruangan. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 8(2), 67-71.



- Dirgantoro, M., & Adawiyah, R. (2019). Nilai Ekonomi Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Menuju *Zero Waste Production*. *Biowallacea : Jurnal Penelitian Biologi (Journal Of Biological Research)*, 5(2), 825-837.
- Farida Hanum, Rondang Tambun, M. Yusuf Ritonga, & William Wardhana Kasim. (2015). Aplikasi Elektrokoagulasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(4), 13-17.
- Hanim, W., Fadhlani, F. & Wibowo, S., (2020). Pengolahan Limbah Cair di PMKS PT Sisirau Desa Sidodadi Kecamatan Kejuruan Muda Kabupaten Aceh Tamiang. *Jurnal Envscience*, 4(2), 67-76.
- International, W. (2015). *Buku Panduan Konversi POME Menjadi Biogas Pengembangan Proyek di Indonesia* (1st ed., 1-19). Jakarta: USAID
- Maulinda, L., (2013). Pengolahan Awal Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Secara Fisika. *Jurnal Teknologi Kima Unimal*, 2(2), 31-41.
- Melisa & Apriyanto, M., (2020). Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit (Studi Kasus pada PT. Tri Bakti Sarimas PKS 2 Ibul, Riau). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 9(2), 86-93.
- Mellyanawaty, M., Alfiata Chusna, F. & Nofiyanti, E., (2019). Proses Peruraian Anaerobik Palm Oil Mill Effluent dengan Media Zeolit Termodifikasi. *Jurnal Rekayasa Proses*, 13(1), 16-23.
- Muliari, & Zulfahmi, I. (2016). Dampak Limbah Cair Kelapa Sawit Terhadap Komunitas Fitoplankton di Sungai Krueng Mane Kabupaten Aceh Utara. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 6(2), 137-146.
- Nasikhah Fahmy, D., Julianto Wonokusumo, S., Winardi, S., & Nurtono, T. (2015). Studi Awal Desain Pabrik Biogas dari Limbah Cair Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), 1-4.
- Nursanti, I. (2013). Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Pada Proses Pengolahan Anaerob dan Aerob. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 13(4), 67-73.
- Pasaribu, R. (2020). Pengaruh Penambahan NPK Dalam Pendegradasian Limbah Cair Kelapa Sawit Dengan Menggunakan Anaerobic Baffled Reactor. *Inovasi Pembangunan : Jurnal Kelitbangan*, 8(03), 281. doi: 10.35450/jip.v8i03.201
- Purwanto, D., (2013). Pengolahan Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Reaktor UAF (Upflow Anaerobic Filter). *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 5(1), 1-7.
- Saragih, G., Al-Hakim, M., Aprilia, S., & Sugiah (2017). Optimalisasi Penurunan BOD Menggunakan Bakteri Mesofilik Untuk Land Application di Unit Pengolahan Limbah cair Pabrik Kelapa Sawit.. *Regional Development Industry & Health Science, Technology And Art Of Life*, 96-102.
- Sarono, Sa'id, E., Suprihatin, & Hasanudin, U. (2014). Strategi Implementasi Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Menjadi Energi Listrik (Studi Kasus di Provinsi Lampung). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 24(1), 11-19.
- Shintawati, Hasanudin, U. & Haryanto, A., (2017). Karakteristik Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dalam Bioreaktor Cigar Semi Kontinu. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 6(2), 81-88.
- Silalahi, B. & Supijatno, (2017). Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Angsana Estate, Kalimantan Selatan. *Buletin Agrohorti*, 5(3), 373-383.
- Sucahyo, B., H, D., & Ridlo, R., R, T. (2019). Kajian Teknologi Pemanfaatan Biogas POME (Palm Oil Mill Effluent) ke Boiler. *Majalah Ilmiah Pengkajian Industri*, 13(1), 43-54.
- Susilawati, & Supijatno, (2015). Pengelolaan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Perkebunan Kelapa Sawit, Riau. *Buletin Agrohorti*, 3(2), 203-212.
- Susilo, F., Suharto, B., & Suhanawati, L. (2015). Pengaruh Variasi Waktu Tinggal Terhadap Kadar BOD dan COD Limbah Tapioka dengan Metode Rotating Biological Contactor. *Jurnal Sumber Daya Alam Dan Lingkungan*, 2(1), 21-26.



Prosiding Seminar Industri Hijau Vol. I, No.1, 2021: 69 - 78

- Widiastuti, L., Sulistiyanto, Y., Jaya, A., Jagau, Y., & Neneng, L. (2019). Potensi Mikroorganisme Sebagai Biofertilizer. *Enviroscientiae*, 15(2), 226-234.
- Yonas, R., Irzandi, U. & Satriadi, H., (2012). Pengolahan Limbah POME (Palm Oil Mill Effluent) Dengan Menggunakan Mikroalga. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1(1), 7-13.
- Yusuf, A. & Nugrahini, P., (2019). Pengaruh Penambahan NPK dalam Pendegradasian Limbah Cair Kelapa Sawit Menggunakan Biofiltrasi Anaerob dengan Reaktor Fixed-Bed. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 8(3), 191-196.