

## **BIOSINTESIS ASAM LEMAK OMEGA-3 DARI PALM OIL MILL EFFLUENT (POME) MELALUI PROSES ANAEROBIK DENGAN MIKROAERASI**

**Indira Salsabilla Ayuwbowo, Annisa Karunia, Hanifrahmawan Sudibyo, dan Wiratni Budhijanto**

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta, 55283  
wiratni@ugm.ac.id

**ABSTRAK.** Kelapa sawit adalah salah satu komoditas ekspor unggulan Indonesia. Bila target produksi crude palm oil (CPO) pada tahun 2020 di Indonesia sebesar 30 juta ton tercapai, maka diprediksi timbul limbah cair palm oil mill effluent (POME) dari seluruh perusahaan kelapa sawit di Indonesia sebanyak 90 juta ton limbah POME per tahun. POME memiliki karakteristik kandungan organik yang dinyatakan dalam chemical oxygen demand (COD) yang berkisar antara 50.000 - 200.000 mg/L serta pH berkisar antara 4-4,5. Oleh karena itu diperlukan pengolahan POME agar tidak menjadi beban lingkungan. Salah satu ide adalah upaya memberikan nilai tambah pada POME dengan konversi menjadi asam yang bernilai ekonomi. Studi awal ini mempelajari kemungkinan biosintesis asam lemak omega-3 dari POME dengan proses anaerobik. Pada umumnya, proses anaerob bertujuan menghasilkan biogas, melalui asam sebagai produk antaranya. Studi ini justru bermaksud menghentikan proses pada produk antara berupa asam dan berupaya menekan konversi asam menjadi biogas. Namun untuk mencapai hasil produksi asam lemak omega-3 yang maksimal, banyak faktor yang harus diperhatikan. Penelitian pendahuluan ini bermaksud mengkaji pengaruh injeksi udara pada proses anaerobik terhadap produksi asam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan atau injeksi udara secara terbatas dan terkontrol (mikroaerasi) akan meningkatkan selektivitas proses ke arah produksi asam tanpa pembentukan biogas. Profil asam menunjukkan terbentuknya asam lemak jenuh dan tak jenuh yang berpotensi untuk memproduksi asam lemak omega-3 seperti munculnya asam nervoat, cis-eicosadienoat, cis-eikosapentanoat, dan asam linolenat yang puncak kemunculannya pada waktu proses yang berbeda-beda. Hasil penelitian awal ini mengindikasikan bahwa biosintesis asam lemak omega-3 dari POME melalui proses anaerobik bisa dilakukan namun perlu pengkajian lebih lanjut untuk optimasi proses.

**Kata kunci:** POME, anaerobik, asam omega-3, volatile fatty acids, mikroaerasi

**ABSTRACT.** Palm oil is one of Indonesia's leading export commodities. By 2020, the target of crude palm oil (CPO) production in Indonesia is 30 million tons. It is predicted that such production target is accompanied by a consequence of palm oil mill effluent (POME) emission as waste water, which will reach 90 million tons of POME waste per year. POME has high organic content which are characterized as chemical oxygen demand (COD) values, which ranges from 50,000 - 200,000 mg / L and pH values ranges from 4-4.5. Untreated POME is a serious environmental problem and therefore POME processing is urgently needed. One of the ideas is converting POME into more valuable products, by biosynthesis of omega-3 fatty acids from POME with anaerobic processes. The common product collected from anaerobic digestion is biogas. This study, however, intended to stop the process in the intermediate product, which is a series of organic acids, without biogas formation. The study aimed to explore the effect of controlled air injection in anaerobic processes on acid productions as the intermediate product in anaerobic digestion. The result showed that limited air injection (microaeration) improved process performance, especially

with respect to acid production. Whereas through GC-FID analysis, the profile of saturated and unsaturated fatty acids was obtained. The acids have the potential to produce omega-3 fatty acids such as the appearance of nervoic, cis-eicosadienoic, cis-eicosapentanoic, and linolenic acids, with the peak of appearance occurring at different process durations. This preliminary study indicated that the biosynthesis of omega-3 fatty acids from POME through the anaerobic process was possible to be carried out but further study would be needed for process optimization.

**Keywords:** POME, anaerobic, omega-3 fatty acids, volatile fatty acids, microaeration

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi dalam perkebunan kelapa sawit. Potensi tersebut tampak dari perkiraan peningkatan luas lahan kelapa sawit pada tahun 2015 sebesar 4,46% menjadi 11,44 juta hektar (Badan Pusat Statistik, 2014). Pada tahun 2020 Indonesia diperkirakan memproduksi 30 juta ton minyak kelapa sawit curah/tahun. Peningkatan produksi ini diiringi urgensi pengolahan limbah industri kelapa sawit karena 1 ton kelapa sawit mampu menghasilkan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebanyak 23% atau 230 kg, limbah cangkang (*shell*) sebanyak 6,5% atau 65 kg, *wet decanter solid* (lumpur sawit) 4 % atau 40 kg, serabut (fiber) 13% atau 130 kg serta limbah cair sebanyak 50% (Kamal, 2014).

Tingginya timbulan limbah cair industri kelapa sawit yang dikenal dengan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) menimbulkan gangguan lingkungan. POME mengandung bahan organik dengan konsentrasi COD tinggi, yaitu 50.000 – 200.000 ppm (Abdullah, 2011). Pengolahan POME pada saat ini masih dilakukan secara konvensional, yaitu dengan bantuan bakteri anaerobik untuk memproduksi metana menggunakan kolam ukuran besar. Masalah lain dengan pengolahan konvensional adalah kebutuhan lahan yang meningkat seiring dengan peningkatan volume limbah dan pada akhirnya mempengaruhi faktor ekonomis pengolahan limbah.

Di lain pihak, limbah yang berlimpah jumlahnya ini bisa jadi merupakan bahan baku untuk produksi senyawa yang bernilai ekonomi tinggi. Kandungan asam lemak yang sangat bervariasi dalam POME, muncul ide untuk mengeksplorasi

kemungkinan mengekstrak bahan kimia yang dengan nilai tambah.

Salah satu bahan kimia yang menarik untuk dikaji adalah asam lemak omega-3. World Health Organization (WHO) menganjurkan konsumsi asam lemak omega-3 yang terdiri dari EPA dan DHA untuk setiap orang sebanyak 300-500 mg per hari (Hadders, 2014). Asam lemak omega-3 yang banyak dikonsumsi saat ini berasal dari ikan dan minyak ikan, khususnya ikan laut (Sudibyo dkk., 2017). Selain itu, kebutuhan harian omega-3 dapat dipenuhi melalui konsumsi minyak ikan hasil ekstraksi dan merupakan produk turunan protein ikan (Ciriminna et al., 2017). Kandungan asam lemak omega-3 di dalam ikan tidak terjadi karena sintesis asam lemak di dalam ikan itu sendiri, melainkan karena ikan memakan alga dan phytoplankton

Fakta bahwa sumber asam lemak omega 3 tertinggi berasal dari ikan, ternyata tidak mampu memenuhi kebutuhan harian manusia terhadap asam lemak omega 3 (Duthie et al., 1992, Diana dkk, 2012). Diversifikasi sumber bahan baku dan produk jadi yang mengandung asam lemak omega-3 dalam bentuk EPA dan DHA menjadi perlu dikembangkan. Alasannya adalah karena cara alternatif lain melalui konsumsi alpha-linolenic acid atau ALA yang dapat dikonversi dalam tubuh menjadi EPA dan DHA tidak mampu memenuhi kebutuhan minimal tubuh. Konversi ALA menjadi EPA dan DHA tubuh sangat rendah karena merupakan karakteristik umum metabolisme pada manusia, dan tahap yang paling lambat adalah pada proses konversi EPA menjadi DHA (Algra, 2013).

Dari studi awal, diketahui bahwa mayoritas senyawa kimia penyusun POME adalah asam lemak (Tabel 1). Asam lemak penyusun POME sebagian

besar adalah asam heksanoat dan asam palmitoleat (Michael, 2014). Komponen tersebut berpotensi diolah lebih lanjut melalui proses peruraian anaerobik untuk memperoleh profil komposisi asam lemak yang baru. Penelitian ini merupakan bagian dari payung penelitian besar untuk perancangan *Anaerobic Fluidized Bed Reactor* (AFBR) yang akan diaplikasikan untuk pengolahan POME di industri sawit. Harapannya, dengan pengaturan kondisi proses, peruraian anaerobik mampu menghasilkan asam lemak rantai panjang yang bersifat tidak jenuh seperti asam lemak omega-3.

Mengingat POME terkategori sebagai limbah, sementara produk yang dihasilkan adalah senyawa yang terkategori sebagai suplemen kesehatan, tentunya masih panjang jalan yang harus ditempuh untuk merealisasikan ide ini. Penelitian ini dimaksudkan sebagai penelitian eksploratif untuk mengidentifikasi kemungkinan potensi terlebih dahulu. Masih diperlukan penelitian-penelitian selanjutnya untuk lebih memperdalam pemahaman ilmiah yang diperlukan untuk mengembangkan proses yang dipelajari dalam studi ini lebih lanjut.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Bahan dan Alat

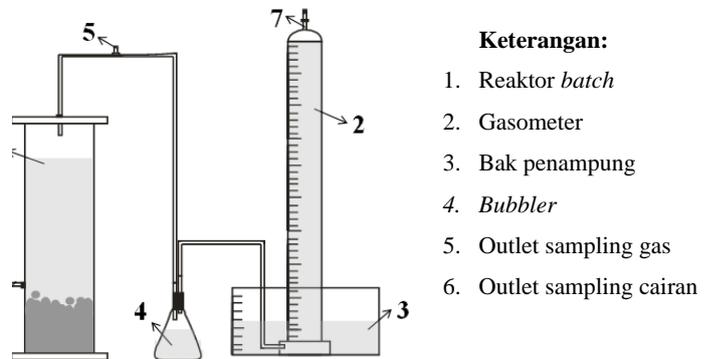
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah POME yang diperoleh dari PT. Perkebunan Nusantara VII di Propinsi Lampung. Untuk setiap reaktor (batch), dibutuhkan sebanyak 2 liter POME. Mikroorganisme yang digunakan berasal dari effluent pengolahan limbah biodiesel. Bahan-bahan yang digunakan dalam analisis volatile fatty acids (VFA) pada penelitian ini adalah aquadest, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 95-97% p.a, NaOH p.a (Merck), indikator Phenolphthalein, asam asetat 98% p.a (Merck).

Tabel 1. Komponen makro dalam POME

Komponen	%(w/w)
Lemak	1,39 ± 0,04
Protein	0,73 ± 0,01
Karbohidrat	0,20 ± 0,01
Abu	0,41 ± 0,03

Air 95,51 ± 0,03

Alat yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat percobaan

### Metode Penelitian

Sejumlah kurang lebih 4 liter limbah POME diambil tanpa disaring dan dibagi untuk pengisian dua reaktor dan ditambahkan efluen reaktor biogas pengolah limbah pabrik biodiesel dengan perbandingan antara limbah POME dan limbah biodiesel 3:1. Kemudian kandungan COD dan VFA dari campuran tersebut dicek dan dicatat. Gas untuk menghilangkan oksigen didelembungkan ke dalam cairan sebelum reaktor disambungkan dengan selang yang tersambung dengan gas meter. Udara diinjeksikan secara berkala dalam jumlah tertentu ke dalam reaktor. Setiap reaktor dirangkai dengan kolom pengukur gas dan *bubbler* sebagai indikator pembentukan gas.

Pengecekan gas dilakukan setiap 2 hari pada jam yang sama dengan cara hasil pengamatan perubahan ketinggian air pada bak penampung dan kolom pengukuran gas juga suhu lingkungan dicatat. Pengujian gas metana tidak dilakukan, namun apabila penampung gas hasil reaksi sudah penuh di buang ke tempat pembuangan. Pengujian Volatile Fatty Acids (VFA) dilakukan sesuai jadwal sampling dalam 13 hari pengamatan.

### Metoda Analisa

Larutan sampel diambil pada waktu-waktu tertentu selama proses percobaan, yaitu pada waktu 3 jam, 6 jam, 12 jam, 18

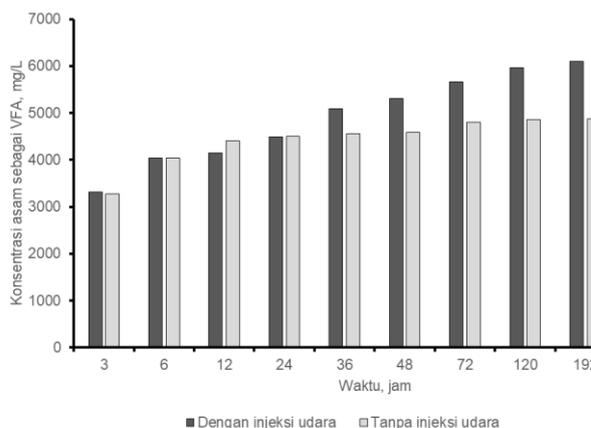
jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, hari ke-8, dan hari ke-13. Referensi untuk analisis VFA diambil dari Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater edisi ke 21 oleh APHA (American Public Health Association), New York (Eaton dkk, 2005). Analisis VFA dilakukan dengan metode distilasi APHA.

Sampel yang dianalisis dengan menggunakan GC-MS adalah sampel yang diambil dengan frekuensi yang sama dengan sampel untuk analisis VFA. Prosedur preparasi sampel yang mayoritas mengandung banyak asam lemak mengikuti prosedur esterifikasi untuk menurunkan titik didih dari asam lemak.

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Proses penguraian secara anaerob dimulai dengan penguraian senyawa – senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana, yang disebut dengan proses hidrolisis. Substrat hasil proses hidrolisis ini digunakan oleh bakteri asidogen/acetogen untuk diurai menjadi senyawa VFA. Senyawa VFA inilah yang kemudian menjadi substrat bagi bakteri metanogen untuk menghasilkan metana. Penelitian ini justru bertujuan memaksimalkan produksi VFA dan meminimalkan produksi metana.

Gambar 2 menunjukkan profil akumulasi VFA dalam dua reaktor yaitu reaktor dengan injeksi oksigen dan reaktor tanpa injeksi oksigen.



Gambar 2. Konsentrasi VFA dalam reaktor dengan injeksi udara dan dalam reaktor tanpa injeksi udara

Pada Gambar 2, tampak bahwa selama 13 hari percobaan, kemunculan VFA teramati sejak awal proses pada tiap kondisi. Grafik VFA cenderung mengalami kenaikan hingga hari terakhir. Ada dua kemungkinan terjadinya hal ini yaitu, VFA yang dihasilkan tidak dikonversi menjadi metana oleh bakteri metanogen atau bakteri asidogen bekerja dengan jauh lebih baik daripada bakteri metanogen. Hal ini dapat dikonfirmasi dengan produksi gas metana yang sangat sedikit.

Tabel 2. Komposisi asam lemak pada cairan hasil peruraian anaerobik dengan injeksi sedikit udara

No	Kode Sampel	Deskripsi	Konsentrasi (% mol)
1	POME (3 Jam)	1 M Butyrate	22,46
		2 M Hexanoate	1,82
		3 M Heneicosanoate	7,94
		4 Cis-11,14- Eicosadienoic acid methyl ester	4,43
		5 M Lignocerate	6,60
		6 M Cis-5,8,11,14,17- Eicosapentaenoate	10,73
2	POME (3 Hari)	1 M Butyrate	94,43
		2 M Hexanoate	5,57
3	POME (13 Hari)	1 M Butyrate	60,75
		2 M Hexanoate	5,40
		3 M Linolenate	23,78
		4 M Heneicosanoate	10,07

Tabel 2 menunjukkan bahwa produksi asam butirat berfluktuasi dari nilai awal saat 3 jam yaitu 22,46% meningkat drastis menjadi 94,43% pada hari ke-3 dan kembali turun pada hari terakhir (hari 13) yaitu 60,75%. Tren yang sama juga dialami pada asam heksanoat dimana pada 3 jam 1,82% kemudian naik menjadi 5,57% saat hari ke-3 dan turun pada hari ke-13 yaitu 5,40%. Hal ini mengindikasikan bahwa walaupun diinjeksi sedikit udara, masih terjadi dominasi proses peruraian senyawa organik secara anaerob dalam tiga belas hari pertama karena kedua asam ini

merupakan kategori VFA yang merupakan senyawa intermediet pada proses peruraian anaerobik. Bakteri acidogen/acetogen memang merupakan bakteri yang bersifat fakultatif, yaitu bakteri anaerob yang masih memerlukan sedikit oksigen untuk menjalankan metabolismenya.

Terkait tujuan penelitian ini untuk menghasilkan asam lemak yang dikategorikan sebagai asam lemak omega 3, maka ada hal yang menarik pada profil asam lemak di kondisi 3 jam karena muncul konsentrasi asam nervoat yang cukup tinggi yaitu 46,02%. Asam nervoat ini adalah salah satu asam yang berpotensi untuk memproduksi asam lemak omega-3. Asam nervoat adalah hasil elongasi dari asam palmitat akibat oksidasi, sehingga pembentukannya memerlukan keberadaan oksigen dalam jumlah sedikit.

Namun pada kondisi 3 hari dan 13 hari kemunculan asam nervoat tidak nampak lagi. Hal ini bisa menunjukkan POME memiliki kandungan asam palmitat dan asam oleat yang potensial untuk produksi asam lemak omega-3 berdasarkan jalur pathway pembentukannya. Akan tetapi pembantuan asam nervoat hanya terjadi di awal proses anaerob. Sebaliknya, kandungan asam lemak jenuh mengalami peningkatan selama proses. Apabila ditinjau konsentrasi asam heneikosanoat, pada waktu 3 jam proses, konsentrasinya baru 7,94% kemudian meningkat pada hari ke-13 menjadi 10,07%. Asam heneikosanoat adalah asam lemak jenuh dengan C 20. Pembentukan asam lemak jenuh ini bisa jadi merupakan penggabungan kembali dari asam-asam lemak tidak jenuh yang telah terbentuk sebelumnya. Dugaan ini masih bersifat spekulatif sehingga masih perlu dipelajari lebih mendalam dan dibuktikan dalam penelitian selanjutnya.

Selain asam nervoat, juga ditemukan Cis-ekosadinoat dan cis-eikosapentanoat yang merupakan asam lemak tak jenuh tunggal yang bisa mengalami elongasi menjadi EPA. Hal istimewa berikutnya ditunjukkan oleh profil asam lemak linolenat yang muncul pada hari ke-13

sebesar 23,78% di mana senyawa ini adalah adalah basa konjugat dari asam  $\alpha$ -linolenat, yang timbul dari deprotonasi dari gugus asam karboksilat. Asam  $\alpha$ -linolenat adalah asam lemak omega-3 yang esensial bagi manusia atau biasa disebut ALA. Kemunculan asam linolenat merupakan indikasi bahwa pembuatan asam lemak omega-3 melalui proses anaerobic pada POME ini mungkin untuk dilakukan. Akan tetapi, masih diperlukan pemahaman mekanisme yang lebih mendalam untuk dapat mengoptimalkan intensitas injeksi oksigen dan waktu proses.

## KESIMPULAN

1. Injeksi udara dalam jumlah kecil (mikroaerasi) yang dilakukan dalam reaktor pada saat proses anaerobik cenderung meningkatkan produksi VFA dalam proses anaerob. Pengamatan komposisi asam lemak dalam cairan hasil peruraian anaerobik menunjukkan bahwa aktivitas mikroorganisme membuat komposisi asam lemak jenuh dalam campuran produk peruraian anaerobik sangat dinamis. Oleh karena itu, intensitas jumlah injeksi oksigen perlu dioptimalkan.
2. POME berpotensi untuk menghasilkan asam lemak omega-3 karena hasil peruraian anaerob mengandung asam lemak tidak jenuh yaitu asam nervoat, cis-eicosadienoat, cis-eikosapentanoat, dan asam linolenat yang puncak kemunculannya pada waktu proses yang berbeda-beda. Oleh karena itu diperlukan optimasi waktu proses yang sangat akurat.
3. Tiga jam pertama proses merupakan waktu yang dalam penelitian ini tampak sebagai durasi akumulasi asam-asam lemak tidak jenuh. Semakin panjang waktu proses, komposisi

asam lemak semakin bergeser ke arah asam-asam lemak jenuh.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai dengan hibah riset dari Australian National University – SMERU Indonesia (2017-2018) dan bekerjasama dengan LIPI Kimia serta CSIRO Australia.

### DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, R., 2011. World Palm Oil Supply, Demand, Price and Prospects: Focus on Malaysian and Indonesian Palm Oil Industries. *Oil Palm Industry Economic Journal*, Vol. 11.

Awaluddin, A., A. Kurnia, A. Prayitno, E. Saputra, and Saryono. 2015. "The Effect of Temperature on Sulfuric Acid-Catalyzed Hydrolysis of Oil Palm Frond to Levulinic Acid." *Journal of Clean Energy Technologies* 4 (1):52–55. <https://doi.org/10.7763/JO CET.2016.V4.253>.

Ciriminna, R, Meneguzzo, F., Delisi, R., and Pagliaro, M. 2017. "Enhancing and Improving the Extraction of Omega-3 from Fish Oil." *Sustainable Chemistry and Pharmacy* 5:54–59. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2017.03.001>.

Diana, F.M. 2012. "Omega 3." *Jurnal Kesehatan Masyarakat* 6 (2):113–17.

Duthie, I.F. and Barlow, S.M.. 1992. Dietary lipid exemplified by fish oils and their n-3 fatty acid. *Food Sci. Technol.* 6: 20-35.

Eaton, A., Clesceri, D., Rice, L.S., Eugene, W., Greenberg, A. E. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, American Public Health Association (APHA), Washington DC.

Hendaryati, D.D. dan Arianto, Y. (Eds.), 2016. "Statistik Perkebunan

Indonesia 2015-2017 Kelapa Sawit." Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian, Jakarta.

Hadders, A. M. Effect of long-chain polyunsaturated fatty acid supplementation on neurodevelopmental outcome in full-term infants. *Nutrients*. 2014;2:790-804.

Rustan, A. C. 2005. "Fatty Acids: Structures and Properties," 1–7. <https://doi.org/10.1038/npg.els.0003894>.

Sudiby, H, Pradana, Y.S., and Budhijanto W. 2017. "Bio-Synthesis of Eicosapentaenoic Acid (EPA) from Palm Oil Mill Effluent Using Anaerobic Process," 3–8.