

**POTENSI BIOGAS DAN ENERGI DARI LIMBAH PADAT (TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS), SERAT MESOCARP DAN LUMPUR DECANter) INDUSTRI KELAPA SAWIT DI KALIMANTAN TIMUR*****BIOGAS AND BIOENERGY POTENTIAL FROM SOLID WASTES (EMPTY FRUIT BUNCH, MESOCARP FIBER, AND DECANter CAKE) OF PALM OIL INDUSTRIES IN EAST KALIMANTAN*****Eko Heryadi<sup>1\*</sup>, Hermanto<sup>2</sup>, Arba Susanty<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Program studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman  
Jalan Sambaliung No. 9, Kampus Gunung Kelua, Samarinda, 75123<sup>2</sup> Balai Riset dan Standarisasi Industri Samarinda\*email: [eko.heryadi007@gmail.com](mailto:eko.heryadi007@gmail.com)

Diterima: 06-10-2021

Direvisi: 02-12-2021

Disetujui: 28-12-2021

**ABSTRAK**

Kalimantan Timur merupakan provinsi dengan luas terbesar keempat di Indonesia dengan Kelapa Sawit sebagai komoditi perkebunan utama yang menguasai 88,4 dan 99,6% dari total luas areal dan total komoditinya. Potensi yang besar ini akan berdampak terutama pada sektor lingkungan yang disebabkan oleh limbah yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari besaran potensi limbah untuk konversi biogas yang terfokus kepada limbah padat Industri kelapa sawit di provinsi Kalimantan Timur (Kaltim). Dari 10 kabupaten kota penghasil sawit di Kaltim, terdapat total limbah padat sebesar 800 juta ton di tahun 2019. Di Kaltim sudah ada beberapa industri kelapa Sawit yang memiliki biogas plan yang biasanya terintegrasi dengan pengolahan air limbah. Potensi besar yang masih belum dimanfaatkan secara optimal adalah limbah padat, dimana menguasai 60% dari total limbah yang dihasilkan. Limbah padat ini memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan, dan digunakan sebagai bahan baku di reaktor biogas dengan proses Anaerobik. Limbah padat Industri kelapa sawit berupa TKKS, Serat dan *decanter* memiliki potensi menghasilkan 506; 204; dan 41 juta m<sup>3</sup> gas metan di tahun 2019. Jika dikonversikan, maka dari ketiga limbah padat tersebut dapat menghasilkan energi sebesar 8 GWatt.

**Kata Kunci:** Anaerobik, Biogas, Industri Kelapa Sawit, Kalimantan Timur, Metan**ABSTRACT**

*East Kalimantan is the province with the fourth largest area in Indonesia with Palm Oil as the main plantation commodity which controls 88.4 and 99.6% of the total area and its commodities. This great potential will have an impact mainly on the environmental sector caused by the waste generated. This study aims to find out the amount of potential waste for biogas conversion which focuses on solid waste from the palm oil industry in the province of East Kalimantan (Kaltim). From the 10-palm oil-producing districts in East Kalimantan, there was a total solid waste of 800 million tons in 2019. In East Kalimantan there are already several palm oil industries that have biogas plans which integrated with wastewater treatment plan (WWTP). The great waste potential that has not been utilized optimally is the solid waste, which controls 60% of the total waste generated. It has a great potential to be developed and is suitable for use as raw material in biogas reactors with Anaerobic processes. Palm oil industry solid waste in the form of EFB, Fiber and decanter has the potential to produce 506; 204; and 41 million cubic meters of methane in 2019. If converted, it could produce around 8 GWatt of energy*

**Keyword:** Anaerobic, Biogas, East Kalimantan, Palm Oil Industry, Methane

## PENDAHULUAN

Industri kelapa sawit merupakan komoditas potensial yang mendominasi sekitar 39% dari total produksi *oilseed market* dunia. Terdapat sekitar 85% dari total produksi minyak kelapa sawit yang berlokasi di Asia Tenggara (negara-negara ASEAN) dengan tiga negara produser terbesarnya adalah negara Indonesia, Malaysia dan Thailand yaitu sebesar 41,0; 20,9; dan 20,9 juta ton ditahun 2019 (Iskandar et al., 2018; Office of Agricultural Economics (OAE) of Thailand, 2016; USDA, 2021; Zwart, 2013). Tingginya permintaan pasar global akan produk-produk turunan kelapa sawit terutama *vegetable oil* juga menjadikannya peringkat teratas dalam *vegetable oil consumed* global untuk sektor produksi makanan dan penggunaan industri.

Produk turunan oleokimia berupa minyak kelapa sawit merupakan salah satu komoditas terpenting di Indonesia. Pada tahun 2020, tercatat ekspor minyak kelapa sawit Indonesia sebesar 43,5 juta ton dengan penggunaan di dalam negeri sebesar 16 juta ton. Permintaan terbesar datang dari sektor produk makanan (*United States Department of Agriculture*, 2021).

Peningkatan produksi minyak kelapa sawit yang secara signifikan ini akan berakibat pula pada peningkatan limbah yang dihasilkan. Kondisi ini memicu banyaknya stigma negative-dari pengelolaan kelapa sawit di Indonesia, bahkan berkembang isu-isu negatif serta penolakan produk-produk yang berbasis kelapa sawit dari Indonesia (Sally, 2020). Secara umum, di dalam produksi minyak kelapa sawit, hanya berkisar 18 – 20% yang didapatkan berupa *crude palm oil* (CPO) dari tandan buah segar (TBS) kelapa sawit serta menyisakan sekitar 80 – 82% berupa limbah sebagai hasil produksi ikutan/*by-product* (Iskandar et al., 2018).

Di Indonesia, Kalimantan Timur merupakan provinsi dengan luas terbesar keempat di Indonesia dengan total luas daratan yaitu sebesar 127.346, 92 Km<sup>2</sup> yang terbagi atas tujuh Kabupaten dan tiga Kota dengan total 103 Kecamatan dan 1026 Desa. Ada lima jenis komoditi utama perkebunan yang berkembang/ dikembangkan di Kaltim dengan total luas areal sebesar 1.389.845 Ha yang terdiri dari Kelapa Sawit, karet, kakao, lada dan kelapa seperti tersaji dalam Tabel 1 (Disbun Kaltim, 2019).

Sektor industri Kelapa Sawit ini pula menghasilkan limbah dalam skala besar berupa limbah padat dan cair yang merupakan sumber utama pencemaran yang memberikan dampak besar bagi kelestarian lingkungan terutama disekitar wilayah industri dan perkebunan kelapa sawit (Ali et al., 2015; Iskandar et al., 2018). Sebanyak 60% limbah tersebut berupa limbah padat antara lain yaitu: limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) 23,5%; limbah serat mesocarp 13,5%, limbah cangkang 5% dan limbah lumpur *decanter* 3,5% (Heryadi & Chaiprasert, 2020)

**Tabel 1.** Luas areal serta produksi perkebunan di provinsi Kalimantan Timur di tahun 2019

No.	Komoditi	Jumlah areal (Ha)	Produksi (Ton)	Rata2 produksi (Kg/Ha)
1.	Kelapa Sawit	1.228.138,00	18.343.852,00	20.776,00
2.	Karet	118.638,00	52.817,00	1.079,00
3.	kakao	7.328,00	2.510,00	567,00
4.	Kelapa dalam	21.152,00	11.013,00	668,00
5.	Lada	8.921,00	5.799,00	913,00
6.	kopi	2.529,00	223,00	207,00

(Disbun Kaltim, 2019)

Di tahun 2019, Kelapa sawit sendiri merupakan komoditi utama dan dengan total 88,4% dari total luas areal komoditi perkebunan sebesar 1.228.138 Ha. Produksi total kelapa sawit di Kaltim menguasai sebesar 99,6% dari total komoditi perkebunan sebesar 18.416.921 ton (tahun 2019) serta rata-rata produksi per areal perkebunan sebesar 108,5% atau sebesar 20.776 Kg/Ha (Disbun Kaltim, 2019).

Dengan potensi perkebunan kelapa sawit yang besar ini, secara langsung dan tidak langsung akan berdampak baik dari sektor perekonomian sampai ke sektor pelestarian lingkungan yang dikarenakan besarnya limbah yang dihasilkan. Dalam upaya pemanfaatan hasil pengelolaan limbah Industri Kelapa Sawit ini, penulis berusaha mencari besaran potensi limbah yang terfokus kepada limbah padat industri kelapa sawit di provinsi Kalimantan Timur dengan melakukan pendekatan perhitungan konversi dari berbagai sumber penelitian yang dipublikasikan terhadap sektor energi terbarukan yaitu potensi gas bio/ biogas yang bisa dihasilkan, demi menunjang peningkatan sektor energi baru terbarukan di Kalimantan timur pada khususnya.

### Total produksi Kelapa Sawit di Kalimantan Timur beserta limbah padat yang dihasilkan.

Dari hasil statistik sektor perkebunan oleh dinas Perkebunan Pprovinsi Kalimantan Timur tahun 2019 (Disbun Kaltim, 2019) didapatkan total jumlah produksi kelapa sawit sebesar 18,34 juta ton. Terjadi peningkatan yang signifikan terhadap jumlah total produksinya pertahun (Tabel 2). Menurut Heryadi *et al*, 2020 (Heryadi & Chaiprasert, 2020) didapatkan pendekatan total produksi limbah padat berupa TKKS, Serat, lumpur *Decanter* dan cangkang yang tersaji di dalam Tabel 2. Dari Tabel 2 ini juga terlihat bahwa kabupaten Kutai timur merupakan kabupaten kota dengan produksi terbesar disusul oleh kabupaten kutai Kertanegara. Hal ini ditunjang oleh kondisi lahan yang subur dan sesuai dengan kebutuhan tumbuh tanaman Kelapa Sawit dengan hasil produksi yang optimal.

**Tabel 2.** Produksi Kelapa Sawit beserta limbah padat yang dihasilkan di kabupaten kota provinsi Kalimantan Timur tahun 2019

No.	Kabupaten/ Kota	Jumlah* (ha)	Produksi* (ton)	Limbah padat yang dihasilkan (ton)**			
				TKKS	Serat	<i>Decanter</i>	Cangkang
1	Kutai Kartanegara	231.958	3.439.426	808.265	464.323	120.380	171.971
2	Kutai Timur	459.543	7.942.051	1.866.382	1.072.177	277.972	397.103
3	Kutai barat	145.125	1.121.090	263.456	151.347	39.238	56.055
4	Mahakam Hulu	21.740	127.110	29.871	17.160	4.449	6.356
5	Penajam paser utara	49.689	934.401	219.584	126.144	32.704	46.720
6	Paser	183.575	2.396.143	563.094	323.479	83.865	119.807
7	Berau	135.092	2.372.182	557.463	320.245	83.026	118.609
8	Samarinda	1.308	10.644	2.501	1.437	373	532
9	Balikpapan	36	469	110	63	16	23
10	Bontang	72	336	79	45	12	17
	Jumlah	1.228.138	18.343.852	4.310.805	2.476.420	642.035	917.193

\*\* (Disbun Kaltim, 2019)

\* konversi berdasarkan (Heryadi & Chaiprasert, 2020)

Beberapa hasil penelitian menunjukkan hasil pemanfaatan limbah padat kelapa sawit ini yang tersaji dalam Tabel 3 berikut.

### Potensi Biogas sebagai energi baru terbarukan

Teknologi biogas bukan hal yang baru di Indonesia, teknologi ini sudah dikenal semenjak beberapa tahun terakhir. Namun, pertumbuhan serta perkembangan teknologinya masih belum optimal dan merata, terutama di pulau Kalimantan. Di Kaltim sendiri sudah ada beberapa industri kelapa Sawit yang memiliki biogas plan yang biasanya terintegrasi dengan pengolahan air limbah kelapa Sawit. Tabel 3 menyajikan beberapa industri di Kaltim yang memiliki biogas plan pada pengolahan limbahnya.

**Tabel 3.** Industri Kelapa Sawit yang memiliki instalasi Biogas di Kaltim

No.	Nama Perusahaan	Kabupaten	Bahan Baku	Kapasitas Pabrik	
				Terpasang (MW)	Terpakai (MW)
1.	PT. REA Kaltim Plantation	Kutai Kartanegara	POME	7	6
2.	PT. Indonesia Plant Synergy	Kutai Timur	POME	3,5	0,65
3.	PT. Prima Mitrajaya Mandiri	Kutai Kartanegara	POME	0,8	0,4 - 0,6
4.	PT. Tanjung Buyu Perkasa Plant	Berau	Limbah Padat	1,7	1,4 - 1,5
5.	PT. Hutan Hijau Mas	Berau	POME	1	0,5
6.	PT. Multi Mitra Makmur Abadi	Paser	POME	1	1
7.	PT. Telen Prima Sawit	Kutai Timur	-	-	0,2

(Disbun Kaltim, 2019)

Di Kaltim, khususnya kabupaten Kutai Kartanegara (Kukar) merupakan pionir dalam pengelolaan limbah secara sustainable yaitu dengan mengolah Kembali air limbahnya menjadi biogas yang mereka pergunakan sebagai pembangkit listrik. Dari biogas plan ini sudah terpasang sebesar 7 MW yang dapat menerangi sebanyak 7.766 rumah dari 3 desa di 3 Kecamatan yaitu Kembang Janggut, Tabang dan Kenohan (Kaltim, 2021). Banyak daerah di kabupaten kota di Kaltim yang berpotensi untuk pengembangan energi baru terbarukan yang bisa dikelola untuk pengembangan energi listrik di daerah setempat (Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi, 2015; Disbun Kaltim, 2019). Pada Tabel 3 diuraikan pula bahwa terdapat sekitar 4 kabupaten kota yang sedang mengembangkan biogas plan yang terintegrasi pada pengolahan limbahnya (Tabel 3). Pada pengolahan yang umum digunakan adalah pengolahan limbah cair/ POME, hanya ada 1 perusahaan yang mengembangkan dari limbah padatnya. Potensi limbah padat ini sangatlah besar dan memiliki potensi yang besar untuk pengembangan lanjutan (Chiumenti et al., 2018; Luning et al., 2003; Riya et al., 2018).

Menurut laporan kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral (ESDM), Indonesia masih menghadapi persoalan besar terhadap ketergantungan energi fosil yang sangat tinggi dalam pemenuhan kebutuhan energi dalam negeri yaitu sebesar 96% (Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi, 2015). Dimana saat ini banyak potensi – potensi besar dari biomassa yang masih belum dimanfaatkan secara optimal salah satunya adalah limbah padat Industri Kelapa Sawit.

Dari Perpres No. 5 Tahun 2006, Sektor EBT akan memberi kontribusi dalam bauran energi primer nasional di tahun 2025 sebesar 17%. Dimana komposisinya berupa 5% adalah Bahan Bakar Nabati (BBN), 5% adalah Panas Bumi, 5% dari Biomassa, Nuklir, Air, Surya dan Angin, serta 2% adalah pencairan Batubara (ESDM, 2008). Untuk itu, beberapa Langkah strategis yang diambil Pemerintah dalam

penambahan kapasitas terpasang berupa Pembangkit Listrik Mikro Hidro menjadi 2,846 MW di Tahun 2025, Biomassa menjadi 189 MW di Tahun 2020, PLT angin (Bayu) menjadi 0,97 GW di Tahun 2025, Surya menjadi 0,87 GW di Tahun 2024 serta Nuklir sebesar 4,2 GW pada Tahun 2024. Diproyeksikan, total penyerapan investasi pada pengembangan sector EBT ini menjadi 13,197 juta USD pada Tahun 2025 (ESDM, 2008).

Dalam upaya mencapai kemandirian energi tersebut, pembangunan infrastruktur EBT dikembangkanlah di daerah-daerah terutama kepulauan dengan memanfaatkan potensi-potensi daerah masing-masing. Hal ini menjadi cara yang paling logis untuk dilakukan, karena Indonesia adalah negara kepulauan yang luas serta terbagi menjadi sangat banyak kota/kabupaten, sehingga untuk mencapai kemandirian energi nasional harus dimulai dari hal yang paling kecil yaitu daerah itu sendiri.

### **a. Biogas**

Biogas merupakan produk akhir dari proses alami anaerobik yang tidak memerlukan oksigen yang terdiri dari gas metana sebagai komponen utama sebesar 60% dan gas karbondioksida, hidrogen sulfida, air sebagai komponen ikutannya. Biogas ini adalah gas yang mudah terbakar yang bersifat hampir sama dengan gas alam yang dapat digunakan sebagai sumber energi (Heryadi & Chaiprasert, 2017b). Hasil fermentasi anaerobik dari proses ini juga akan menghasilkan berupa lumpur padatan yang dapat menguntungkan bagi lingkungan karena bisa digunakan sebagai pupuk alami.

Di dalam proses fermentasi anaerobik, bahan organik akan dirombak dengan menggunakan sekelompok mikroorganisme anaerobik, fakultatif maupun obligat di dalam suatu lingkungan tertutup dengan kondisi sedikit oksigen serta dioperasikan dengan suhu mesofilik (35°C), atau termofilik (55°C) (R. Sudrajat, Erra Y, Umi K, 2003). Proses fermentasi anaerobik ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu suhu, laju pembebanan (*loading rate*), rasio C/N, substrat, nilai pH, waktu retensi serta pengadukan.

### **b. Biogas dari limbah padat Pabrik Kelapa Sawit**

Umumnya, pengolahan biogas pada perusahaan pabrik Kelapa Sawit (PMKS) diintegrasikan dengan pengolahan air limbahnya. Produksi air limbah kelapa sawit sangatlah tinggi dan memiliki potensi mencemari lingkungan jika tidak ditanggapi dengan serius. Pengolahan air limbah PMKS secara konvensional banyak dilakukan dengan memakai kolam pengolahan limbah cair karena metoda ini cukup sederhana dengan biaya yang lebih murah. Namun, pengolahan konvensional ini memerlukan lahan yang luas untuk pengolahannya. Dengan kapasitas pabrik sebesar 30 ton TBS/jam, akan dibutuhkan sekitar 7 hektar lahan untuk pengolahan limbahnya. Selain itu efisiensi perombakan limbah cair hanya sebesar 60-70 % dengan membutuhkan waktu retensi yang cukup lama yaitu berkisar 120-140 hari (Suksongetal., 2015). Pada pengolahan ini berpotensi besar dalam mengemisikan gas metan (CH<sub>4</sub>) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang merupakan penyebab efekrumah kaca yang berbahaya bagi lingkungan (Wu et al., 2017).

Dari proses pengolahan limbah di Industri Kelapa Sawit, potensi besar yang masih belum dimanfaatkan secara optimal adalah limbah padatnya, dari total produksi TBS menghasilkan sekitar 60% limbah padat yang umumnya hanya digunakan untuk keperluan perkebunan seperti menjadikannya pupuk organik dengan melakukan pengomposan konvensional, yaitu menumpukkan limbah padat di areal perkebunan. Proses ini memakan waktu yang relatif lama untuk mendegradasi limbah padat tersebut oleh mikroorganisme (kurang lebih 6 bulan) (Heryadi & Chaiprasert, 2017a). Selain proses pengomposan, beberapa diantaranya digunakan sebagai soil conditioner dan

bahan pengeras tanah di areal perkebunan. Adapun, limbah padat lainnya berupa serat dan cangkang juga umum digunakan sebagai bahan baku tambahan untuk pembakaran di boiler yang dibutuhkan oleh PMKS. Di dalam proses ini memiliki kendala berupa kandungan kadar air yang tinggi serta residu yang ditinggalkan akan mencemari lingkungan dan juga akan menurunkan efektivitas kerja boiler dan alat lainnya (Ali et al., 2015).

Jika dibandingkan efektivitas penggunaan bahan baku untuk pengolahan biogas antar limbah cair dan limbah padat, limbah padat memiliki potensi yang sangat besar, hal ini dikarenakan: (1) kandungan solid (TS) bahan baku padat lebih besar jika dibandingkan dengan limbah cair (30 – 60% TS untuk limbah padat dan hanya < 5% untuk limbah cair), (2) distribusi bahan baku lebih mudah dibandingkan limbah cair, (3) ukuran reaktor pengolahan lebih kecil, (4) lebih stabil dalam pengolahan secara (Heryadi & Chairasert, 2020).

Proses pengolahan secara anaerobik digestion (AD) secara umum dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan total solid bahan bakunya. (1) Liquid AD atau AD cair yaitu ketika bahan bakunya memiliki total solid dibawah 10%TS ( $\leq 10\%TS$ ), (2) semi padat dengan TS berkisar antara 10 – 20%TS dan, (3) AD padat/ High AD, yaitu dengan kandungan TS lebih dari 20% ( $\geq 20\%TS$ ) (Abbassi-guendouz et al., 2012; Brown et al., 2012) (Abbassi-guendouz et al., 2012; Brown et al., 2012).

Perkembangan teknologi pengolahan AD secara padat (high-AD) sudah sangat berkembang, beberapa kelebihan teknologi ini antara lain: (1) mengurangi penggunaan air sehingga menurunkan kebutuhan akan air olahan di dalam pabrik PMKS, (2) meningkatkan organic loading dalam proses AD, (3) volume reaktor yang lebih kecil, (4) menurunkan alat mixing/ pengaduk di dalam prosesnya, dan (5) menurunkan biaya untuk proses dewatering (Brown et al., 2012). Jika dibandingkan antara solid AD dan *Liquid AD*, produktivitas metan secara volumetrik akan lebih besar berkisar 2 – 7 kalinya pada *High AD* dibandingkan *Liquid AD*. Hanya saja, beberapa kekurangan teknologi ini diantara yaitu (1) memiliki keterbatasan pada viskositas sehingga mengakibatkan terhambatnya proses AD, (2) transfer massa yang rendah, (3) tidak sempurnanya proses mixing serta akan mengakibatkan terakumulasinya bahan inhibitor seperti VFA dan ammonia sehingga akan menurunkan produksi gas metan/ biogas (Haider et al., 2015; Jabeen et al., 2015; Suksong et al., 2015; Zeshan et al., 2012).

Beberapa penelitian mengenai pemanfaatan limbah padat industri kelapa sawit ini telah dilakukan, mayoritas penelitian hanya sebatas potensi yang bisa dihasilkan dari bahan limbah tersebut. Di Kalimantan timur sendiri, hasil penelitian mengenai pemanfaatan limbah padat ini masih belum banyak dilakukan. Bahkan aplikasinya dengan penggunaan skala reaktor masih belum ada dan berkembang.

Penelitian yang dilakukan oleh Paepatung (2009), Heryadi (2017), Heryadi (2018), Heryadi (2020) dan Chaikitkankaew (2015) mengenai potensi limbah industri kelapa sawit dari limbah padat berupa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) (Paepatung et al., 2009); Limbah serat mesocarp (Heryadi & Chairasert, 2017a); dan limbah lumpur *decanter* (Chaikitkaew et al., 2015a; Heryadi & Chairasert, 2017b, 2020). (hasil penelitian tersebut tersaji dalam Tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Hasil penelitian limbah padat Industri Kelapa Sawit

Potensi metan yang dapat dihasilkan (L/gVS)			Reaktor yang digunakan	Penelitian	Keterangan
TKKS	Serat Mesokarp	Lumpur <i>Decanter</i>			
0,37	-	0,37	120 ml botol serum	(Paepatung et al., 2009)	Analisis BMP
-	-	0,36	120 ml botol serum	(Heryadi & Chaiprasert, 2017b)	Analisis BMP
-	0,06	-	120 ml botol serum	(Heryadi & Chaiprasert, 2017a)	Analisis BMP
-	0,25	0,41	15 L reackor MSI	(Heryadi & Chaiprasert, 2020)	<i>Reactor High AD</i>
0,144	0,14	0,13	500 ml botol serum	(Chaikitkaew et al., 2015b)	Analisis BMP
-	-	0,43	15 L CSTR	(Kaosol & Sohgrathok, 2014)	<i>Co-digestion dengan frozenfood wastewater</i>
-	-	1,62	250 ml botol serum	(Kaosol & Sohgrathok, 2013a)	<i>Co-digestion dengan frozenfood wastewater</i>
-	-	0,78	250 ml botol serum	(Kaosol & Sohgrathok, 2013b)	<i>Co-digestion dengan frozenfood wastewater</i>
-	-	0,20	120 ml botol serum	(Kaosol & Rungarunanotai, 2016)	<i>Pretreatment microwave</i>
-	-	25,27 – 36,53	4 L CSTR	(Kanchanasuta & Sillaparassamee, 2017)	<i>Reactor high AD</i>
-	-	0,39	500 ml botol serum	(Kanchanasuta & Pisutpaisal, 2016)	Analisis BMP
0,32	-	-	500 ml botol serum	(Saelor et al., 2017)	<i>Co-digestion dengan POME</i>

Dari penelitian di Tabel 4, didapatkan bahwa dari potensi limbah TKKS, limbah Serat dan *Decanter* memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Limbah padat ini sangat sesuai untuk digunakan sebagai bahan baku di dalam reaktor biogas dengan proses Anaerobik. Dari penelitian terdahulu sebagian besar dalam tahap ujicoba reaktor dengan skala kecil dan menggunakan reaktor CSTR. Dari hasil yang didapatkan, berkisar 0.14 – 0.37L/gVS untuk limbah TKKS, 0.06 – 0.25 L/gVS untuk limbah serat mesokarp dan 0.20 – 0.43 L/gVS pada limbah lumpur *decanter*.

Penelitian Kanchanasuta (2017) didapatkan hasil yang besar pada penggunaan lumpur *decanter*, hasil ini sudah sangat optimal dalam mengolah limbah dengan menggunakan reaktor CSTR. penelitian Heryadi *et al* (2020) penggunaan reaktor *Modified Solid Inclined* (MSI) sangat mempengaruhi hasil biogas/metan yang dihasilkan. Reaktor ini dikembangkan khusus untuk mengakomodir proses degradasi anaerobik solid sehingga dapat berjalan dan hasil yang optimal (Heryadi & Chaiprasert, 2020). Reaktor ini dapat dikembangkan dan digunakan di Kalimantan Timur dengan melakukan kajian lanjutan yang bisa diintegrasikan dengan pengolahan limbah di perusahaan Pengolahan Kelapa Sawit (PMKS).

Beberapa teknologi reaktor lainnya untuk pengolahan biogas dengan menggunakan proses highAD ini sudah tersedia, diantaranya yaitu: dengan proses batch, yaitu: BIOCEL, SEBAC, APS, Bioconverter. Dengan proses kontinyu, yaitu: DRANCO, Valorga dan KOMPOGAS. Dan dengan proses *multistage*, yaitu: Lindre-BRV, SUBBOR, BTA, Biopercolat. Semua teknologi diatas sukses dalam mengolah limbah padat berupa buah-buahan, sayur, rumput, limbah kebun serta *municipal solid waste* (MSW) (Jenkins et al., 2008).

### Potensi Biogas dan konversi energi dari limbah padat Industri Kelapa Sawit di Kaltim

Dari beberapa penelitian di atas, penulis mencoba menghitung berapa potensi yang bisa dihasilkan dari limbah padat industri kelapa sawit ini di Provinsi Kaltim. Hasil kajian tersaji dalam Tabel 5 berikut.

**Tabel 5.** Potensi metan dan energi yang dapat dihasilkan dari limbah padat Industri Kelapa Sawit di Kaltim tahun 2019

No.	Kabupaten/ Kota	Potensi yang dapat dihasilkan					
		TKKS	Metan - m <sup>3</sup> Serat	<i>Decanter</i>	Konversi energi - MWh		
					TKKS	Serat	<i>Decanter</i>
1	Kutai Kartanegara	94.883.655,73	38.276.812,34	7.814.706,52	1.008,61	406,88	83,07
2	Kutai Timur	219.097.847,39	88.385.793,35	18.045.103,37	2.329,01	939,54	191,82
3	Kutai barat	30.927.578,50	12.476.428,20	2.547.224,25	328,76	132,62	27,08
4	Mahakam Hulu	3.506.591,36	1.414.586,51	288.806,14	37,28	15,04	3,07
5	Penajam paser utara	25.777.377,62	10.398.796,70	2.123.048,90	274,01	110,54	22,57
6	Paser	66.102.543,70	26.666.285,58	5.444.267,25	702,67	283,46	57,87
7	Berau	65.441.530,13	26.399.627,51	5.389.825,55	695,64	280,63	57,29
8	Samarinda	293.636,68	118.455,34	24.184,19	3,12	1,26	0,26
9	Balikpapan	12.938,33	5.219,42	1.065,61	0,14	0,06	0,01
10	Bontang	9.269,25	3.739,29	763,42	0,10	0,04	0,01
	Total	506.052.968,68	204.145.744,23	41.678.995,21	5.379,34	2.170,07	443,05

Dari Tabel di atas terlihat bahwa limbah padat Industri kelapa sawit berupa TKKS, Serat dan *decanter* memiliki potensi sebesar 506; 204; dan 41 juta m<sup>3</sup> methan di tahun 2019. Jika dikonversikan, maka dari ketiga limbah padat tersebut dapat menghasilkan energi sebesar hampir 8 GWh ditahun 2019. Potensi ini sangatlah besar mengingat sumber energi ini dapat dipergunakan untuk keperluan peningkatan sektor energi baru terbarukan (EBT) yang juga di canangkan oleh kementerian ESDM (Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi, 2015).

Di dalam perkembangan ketahanan energi nasional yang secara umum dipengaruhi oleh peningkatan konsumsi energi nasional beberapa indikator yang dijabarkan oleh kementerian ESDM yaitu energi dapat digambarkan dengan indikator 4A; *Availability* yaitu bagaimana ketersediaan fisiknya, *Accessibility* yaitu bagaimana kemudahan mendapatkannya, *Affordability* yaitu bagaimana keterjangkauan harganya, serta *Acceptability* yaitu bagaimana/seberapa kualitasnya yang dapat diterima. Secara umum ketahanan energi juga digambarkan melalui elemen bauran energi (*energy mix*) serta keberlanjutan (*sustainability*) dari sistem penyediaan-permintaan energi yang ada (Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi, 2015).



Sehingga, pemanfaatan limbah padat Industri Kelapa Sawit ini sangatlah berpotensi besar, karena (1) ketersediaannya (*availability*) sangatlah besar dengan ditunjang pula oleh belum optimalnya pemanfaatannya di industri. (2) *Acessibility* sangatlah mudah, dikarenakan potensinya berada langsung di pabrik yang dapat langsung digunakan secara langsung ataupun dengan mengintegrasikannya melalui pengolahan limbah yang secara umum akan memberi dampak baik pada lingkungan dan juga berpotensi menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK). (3) keterjangkauan harga (*Affordability*) limbah ini sangatlah bersaing, karena berupa limbah hasil ikutan (*by-product*) yang masih belum secara luas dimanfaatkan atau dijual untuk keperluan lainnya. Dan, (4) *Acceptability*, dapat diterima oleh Industri itu sendiri atau pada lingkungan sekitarnya. Hal ini juga dapat menurunkan isu-isu negative atau stigma dunia terhadap Industri Kelapa Sawit di Indonesia yang selalu digambarkan memiliki dampak yang negatif, terutama di dalam segi pengelolaan Lingkungan dan peningkatan emisi GRK.

## KESIMPULAN

Potensi limbah padat Industri kelapa Sawit sangatlah besar di Kalimantan Timur. Pada tahun 2019, dihasilkan limbah sebesar 800 juta ton dari 10 kabupaten kota di Kaltim. Terjadi peningkatan yang signifikan dari produksi limbah padat ini dari tahun ke tahun. Dengan memanfaatkannya sebagai bahan baku pengolahan biogas, limbah ini memiliki potensi yang sangat besar dan layak untuk dikembangkan di Kaltim. Hasil penelitian menjabarkan bahwa pada Tahun 2019, energi yang dapat dihasilkan adalah sebesar 8 Giga Watt yang mana potensi ini bisa dimanfaatkan dibanyak sektor, terutama pemenuhan energi listrik pada lingkungan pabrik dan perkebunan kelapa Sawit itu sendiri beserta lingkungan dan desa sekitarnya. Penggunaan berbagai jenis teknologi pengolahan Anaerobik berupa Reaktor sangatlah disarankan dengan terlebih dahulu melakukan studi di daerah yang akan dikembangkan. Penelitian terhadap potensi limbah padat lainnya berupa cangkang juga sangat diperlukan karena limbah ini masih minim pemanfaatan dan penelitiannya terutama dalam segi keperluan energi baru terbarukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbassi-guendouz, Amel et al. (2012). Total Solids Content Drives High Solid Anaerobic Digestion via Mass Transfer Limitation. *Bioresource Technology* 111: 55–61.
- Ali, Ahmad Amiruddin Mohd, Mohd Ridzuan Othman, Yoshihito Shirai, and Mohd Ali Hassan. (2015). Sustainable and Integrated Palm Oil Biorefinery Concept with Value-Addition of Biomass and Zero Emission System. *Journal of Cleaner Production* 91: 96–99.
- Brown, Dan, Jian Shi, and Yebo Li. (2012). Comparison of Solid-State to Liquid Anaerobic Digestion of Lignocellulosic Feedstocks for Biogas Production. *Bioresource Technology* 124: 379–86.
- Chaikitkaew, Srisuda, Prawit Kongjan, and Sompong O-Thong. (2015a). Biogas Production from Biomass Residues of Palm Oil Mill by Solid State Anaerobic Digestion. *Energy Procedia* 79: 838–44.
- . (2015b). Biogas Production from Biomass Residues of Palm Oil Mill by Solid State Anaerobic Digestion. *Energy Procedia* 79: 838–44.
- Chiumenti, Alessandro, Francesco da Borso, and Sonia Limina. (2018). Dry Anaerobic Digestion of Cow Manure and Agricultural Products in a Full-Scale Plant: Efficiency and Comparison with Wet Fermentation. *Waste Management* 71: 704–10.
- Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi. (2015). *Biogas: Turning Waste into Benefit*.
- Disbun Kaltim. (2019). Statistik Perkebunan Provinsi Kalimantan Timur. *Dinas Perkebunan Provinsi Kalimantan Timur*.

- ESDM. (2008). Kementerian ESDM RI - Media Center - Arsip Berita - Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) Indonesia.
- Haider, Muhammad Rizwan et al. (2015). Effect of Mixing Ratio of Food Waste and Rice Husk Co-Digestion and Substrate to Inoculum Ratio on Biogas Production. *Bioresource Technology* 190: 451–57.
- Heryadi, Eko, and Pawinee Chaiprasert. (2017a). Methane Production Potential of Oil Palm Mesocarp Fiber Using Variuos Seed Inoculums and Pretreatments. *South East Asian Technical University Consortium Symposium (SEATUC)* (1): 1–7.
- . (2017b). Potential of Methane Production of Oil Palm *Decanter* Cake (OPDC) under Various Inoculum Seeds and Pretreatments. *Biotechnology International Congress (BIC)* (1): 1–6.
- . (2020). Enhancement of Methane Production from High Solid Anaerobic Digestion of Pretreated Palm Oil *Decanter* Cake Using a Modified Solid Inclined Reactor. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 95(3): 781–90.
- Iskandar, Muhammad Johan, Azizah Baharum, Farah Hannan Anuar, and Rizafizah Othaman. (2018). Palm Oil Industry in South East Asia and the Effluent Treatment Technology—A Review. *Environmental Technology and Innovation* 9: 169–85.
- Jabeen, Maliha et al. (2015). High-Solids Anaerobic Co-Digestion of Food Waste and Rice Husk at Different Organic Loading Rates. *International Biodeterioration and Biodegradation* 102: 149–53.
- Jenkins, Bryan M et al. (2008). Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment of Municipal Organic Solid Waste. *California Integrated Waste Management Board* (March): 1–75.
- Kaltim, Diskominfo Prov. (2021). Dari Limbah Bisa Menerangi 3 Kecamatan Di Kukar - Diskominfo Prov. Kaltim. <https://diskominfo.kaltimprov.go.id/index.php/artikel/dari-limbah-bisa-menerangi-3-kecamatan-di-kukar>.
- Kanchanasuta, Suwimon, and Nipon Pisutpaisal. (2016). Waste Utilization of Palm Oil *Decanter* Cake on Biogas Fermentation. *International Journal of Hydrogen Energy* 41(35): 15661–66.
- Kanchanasuta, Suwimon, and Omjit Sillaparassamee. (2017). Enhancement of Hydrogen and Methane Production from Co-Digestion of Palm Oil *Decanter* Cake and Crude Glycerol Using Two Stage Thermophilic and Mesophilic Fermentation. *International Journal of Hydrogen Energy* 42(5): 3440–46.
- Kaosol, Thaniya, and Worawuth Rungarunanotai. (2016). Effect of Microwave Pretreatment on BMP of *Decanter* Cake from Palm Oil Mill Factory. *American Journal of Applied Sciences* 13(5): 609–17.
- Kaosol, Thaniya, and Narumol Sohgrathok. (2013a). Energy Production Potential from Co-Digestion between Frozen Seafood Wastewater and *Decanter* Cake in Thailand. *International Journal of Environmental and Ecological Engineering* 7(7): 502–6.
- . (2013b). Enhancement of Biogas Production Potential for Anaerobic Co-Digestion of Wastewater Using *Decanter* Cake. *American Journal of Agricultural and Biological Science* 8(1): 67–74.
- . (2014). Increasing Anaerobic Digestion Performance of Wastewater with Co-Digestion Using *Decanter* Cake. *American Journal of Environmental Sciences* 10(5): 469–79.
- Luning, Luchien, E. H.M. Van Zundert, and A. J.F. Brinkmann. (2003). Comparison of Dry and Wet Digestion for Solid Waste. *Water Science and Technology* 48(4): 15–20.
- Office of Agricultural Economics (OAE) of Thailand. (2016). Agricultural Statistics of Thailand 2016. *Office of Agricultural Economics* 1–240.
- Paepatung, Nuntiya, Annop Nopharatana, and Warinthorn Songkasiri. (2009). Bio-Methane Potential of Biological Solid Materials and Agricultural Wastes. *As. J.*

- Energy Env* 10(01): 19–27.
- R. Sudrajat, Erra Y, Umi K, Evi K. (2003). 179794-ID-Produksi-Biogas-Dari-Limbah-Pengolahan-k.Pdf. *Penelitian Hasil Hutan* 21(3): 227–37.
- Riya, Shohei et al. (2018). The Influence of the Total Solid Content on the Stability of Dry-Thermophilic Anaerobic Digestion of Rice Straw and Pig Manure. *Waste Management* 76: 350–56.
- Saelor, Sittikorn, Prawit Kongjan, and Sompong O-Thong. (2017). Biogas Production from Anaerobic Co-Digestion of Palm Oil Mill Effluent and Empty Fruit Bunches. *Energy Procedia* 138: 717–22.
- Sally, Novian Uticha. (2020). Sengketa Minyak Sawit Antara Indonesia Dan Uni Eropa. *University of Darussalam Gontor*.
- Suksong, Wantanasak, Prawit Kongjan, and Sompong O-Thong. (2015). Biohythane Production from Co-Digestion of Palm Oil Mill Effluent with Solid Residues by Two-Stage Solid State Anaerobic Digestion Process. *Energy Procedia* 79: 943–49.
- United States Department of Agriculture. (2021). Oilseeds: World Markets and Trade. *Foreign Agricultural Service* (May): 1–40.
- USDA, 2021. (2021). Indonesia: Oilseeds and Products Update | USDA Foreign Agricultural Service.
- Wu, Qibai et al. (2017). Sustainable and Renewable Energy from Biomass Wastes in Palm Oil Industry: A Case Study in Malaysia. *International Journal of Hydrogen Energy* 44: 1–7.
- Zeshan, Obuli P Karthikeyan, and Chettiyappan Visvanathan. (2012). Effect of C/N Ratio and Ammonia-N Accumulation in a Pilot-Scale Thermophilic Dry Anaerobic Digester. *Bioresource Technology* 113: 294–302.
- Zwart, Ronald. (2013). Opportunities and Challenges in the Development of a Viable Malaysian Palm Oil Biomass Industry. *Journal of Oil Palm and the Environment* 4: 41–46.