

## Emisi gas metana dan karbon dioksida pada proses pengolahan limbah cair kelapa sawit

*Emission of methane and carbon dioxide gas in the process of processing oil palm liquid waste*

Linarsih<sup>1</sup> & Sarto<sup>2</sup>

### Abstract

**Purpose:** The purpose of this study was to know, calculate and evaluate the concentration of methane gas and carbon dioxide produced in each wastewater treatment plant (WWTP) pond. **Method:** This research was a qualitative research, using case study design and explanatory approach. The object of this research was the emission of methane gas and carbon dioxide emitted from 12 WWTP ponds. **Results:** The highest COD and BOD decrement occurred in pond 4 of 39% COD and 61.2% BOD. The highest total methane gas emission was  $1.49 \times 10^9$  kg hours<sup>-1</sup> ( $1.49 \times 10^6$  tons hour<sup>-1</sup>) occurring in the morning, while the highest total carbon dioxide emission was  $2.59 \times 10^9$  kg per hour ( $2.59 \times 10^6$  ton hour<sup>-1</sup>). **Conclusion:** The concentrations of methane and carbon dioxide gas produced by each WWTP pool varied greatly depending on temperature, residence time and the amount of mud. Methane gas emissions and carbon dioxide emissions occurred in each WWTP pool with the highest methane gas emission value occurring in pond 3 in the afternoon at  $356,64 \times 10^6$  mg m<sup>-2</sup>minute<sup>-1</sup> and the highest carbon dioxide emissions occur in pond 3 in the afternoon at  $402.145 \times 10^6$  mg m<sup>-2</sup>minute<sup>-1</sup>. The decrease of COD value in whole anaerobic pool was 52,1% and the decrease of COD value in aerobic pool was 27,2%.

**Keywords:** POME, COD degradation, methane gas and carbon dioxide

Dikirim: 15 September 2017  
Diterbitkan: 15 Maret 2018

<sup>1</sup> Departemen Perilaku Kesehatan, Lingkungan dan Kedokteran Sosial, Fakultas Kedokteran, Kesehatan Masyarakat dan Keperawatan, Universitas Gadjah Mada. (Email : linarsihm@gmail.com)

<sup>2</sup> Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan produsen produk minyak sawit terbesar di dunia. Produksi minyak kelapa sawit Indonesia telah mengalami peningkatan tiga kali lipat selama 25 tahun terakhir dan diperkirakan mencapai 30,5 juta ton atau 48% dari produksi global serta diproyeksikan akan terus meningkat di tahun-tahun mendatang (1). Peningkatan juga terjadi pada jumlah Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit (PPKS) (2). Hingga tahun 2013 sudah tercatat sebanyak 608 PPKS dengan total kapasitas pengolahan sebanyak 34.280 tbs ton/jam (3).

Dalam melakukan pengolahan *Palm Oil Mill Effluent* (POME) sebagian besar PPKS di Indonesia menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dengan sistem kolam terbuka yang terdiri dari kolam anaerob, fakultatif dan aerob, yang memanfaatkan mikroorganisme anaerob dan aerob guna mendegradasi bahan organik yang ada dalam limbah cair (4). Namun, dampak lain yang ditimbulkan dari proses degradasi oleh mikroorganisme anaerob dan aerob tersebut adalah pembentukan gas metana dan karbon dioksida yang merupakan Gas Rumah Kaca (GRK) yang dapat menyebabkan pemanasan global (5, 6).

Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit (PPKS) PT Bio Nusantara Teknologi menggunakan IPAL kolam terbuka yang selanjutnya POME tersebut akan dibuang ke lahan perkebunan (*land application*). Pengolahan POME dengan kolam terbuka mampu menurunkan kadar bahan organik dalam limbah cair melalui proses fermentasi bahan organik tersebut oleh bakteri methagenesis. Hasil samping dari proses fermentasi ini menghasilkan gas metana dan karbon dioksida yang meningkatkan konsentrasi GRK, yang dapat menyebabkan pemanasan global (6).

## METODE

Penelitian ini merupakan jenis penelitian kualitatif, yang bertujuan memberikan informasi mengenai emisi gas metana dan karbon dioksida yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit PT Bio Nusantara Teknologi. Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian studi kasus dengan menggunakan pendekatan eksplanatoris, yang bertujuan untuk mempelajari secara mendalam faktor apa saja yang berpengaruh terhadap kejadian tersebut (7). Objek dalam penelitian ini adalah emisi gas metana

dan karbon dioksida yang dipancarkan dari 12 kolam IPAL (4 kolam anaerob, 2 kolam fakultatif dan 3 kolam aerob, 1 kolam land aplikasi dan 2 kolam polishing) PPKS PT. Bio Nusantara Teknologi Bengkulu Tengah. Pada setiap kolam IPAL dipasang sungkup yang terbuat dari pipa paralon sebagai tempat penangkap gas metana gas karbon dioksida, kemudian sampel gas diambil dengan menggunakan jarum suntik 20 ml yang kemudian dimasukkan ke dalam botol vial berukuran 10 ml. Pengambilan sampel gas metana dan karbon dioksida dilakukan pada pagi (jam 07.00), siang (jam 12.00) dan sore (jam 17.00), dan pada tiap waktu pengambilan dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali dengan interval waktu 5, 10, 15 dan 20 menit. Selanjutnya, sampel dikirim ke laboratorium GRK untuk dianalisis jumlah kandungan gas metana dan gas karbon dioksida pada tiap sampel. Selain itu, sampel air limbah juga diambil pada tiap kolam untuk melihat penurunan kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), pH dan suhu pada tiap-tiap kolam yang memengaruhi pembentukan gas metana dan karbon dioksida.

Emisi gas metana dan karbon dioksida diperoleh dari hasil analisis yang dilakukan oleh pihak laboratorium GRK Balingtan, dan dari hasil analisis diperoleh konsentrasi gas metana pada setiap botol sampel yang diambil pada tiap pengulangan/interval waktu (5, 10, 15 dan 20 menit). Emisi diperoleh dengan persamaan rumus yang diadopsi dari *International Atomic Energy Agency* (IAEA).

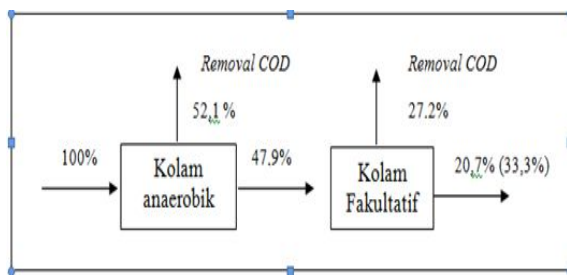
## HASIL

**Parameter BOD, COD, Total Suspended Solids (TSS), Suhu, pH dan removal COD.** Nilai BOD, COD, TSS, Suhu dan pH limbah cair merupakan faktor-faktor yang akan memengaruhi pembentukan gas metana dan karbon dioksida pada setiap kolam IPAL. Tabel 1 menampilkan hasil analisis parameter BOD, COD, TSS, Suhu dan pH limbah cair yang ada pada masing-masing kolam yang dilakukan oleh laboratorium Badan Lingkungan Hidup Daerah (BLHD) Provinsi Bengkulu.

Tabel 1 menunjukkan parameter limbah cair pada setiap kolam IPAL. Pada kolam 9 dan kolam 13 tidak dilakukan pengambilan sampel air limbah karena pihak perusahaan tidak memberikan izin kepada peneliti untuk melakukan pengambilan sampel air limbah pada kedua kolam tersebut.

Tabel 1. Hasil analisis Parameter BOD, COD, TSS, Suhu dan pH Limbah Cair

Kolam	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	Suhu (°C)	pH
Kolam 3	3.435,69	19.619,45	655,00	34,8	7,55
Kolam 4	4.291,73	15.557,73	6.260,00	35,8	7,08
Kolam 5	1.663,20	9.494,08	1.190,00	34,6	7,39
Kolam 6	1.654,63	9.388,88	1.212,5	32,9	7,59
Kolam 7	451,01	8.960,48	1.090,00	34,10	7,78
Kolam 7B	1.478,66	6.521,73	1.230,00	33,50	7,82
Kolam 8	1.237,24	7.061,60	620,00	29,8	7,64
Kolam 9	-	-	-	-	8,45
Kolam 10	990,06	9.934,98	353,00	32,40	7,80
Kolam 11	1.393,21	6.538,03	1.095,00	32,60	7,67
Kolam 12	930,60	7.451,15	530,00	33,50	7,56
Kolam 13	-	-	-	-	-



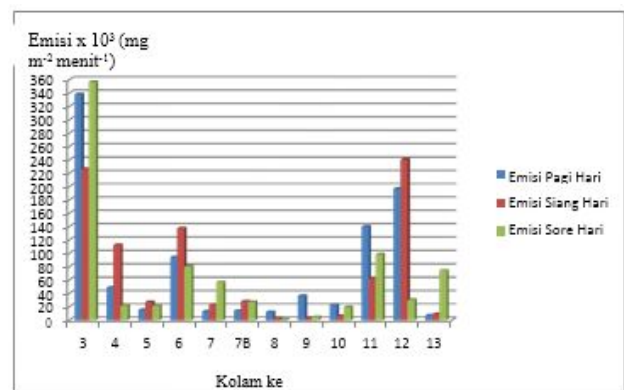
Gambar 1. Penurunan nilai COD

Gambar 1 menunjukkan penurunan nilai COD pada kolam anaerob mencapai 52% dan pada kolam fakultatif mencapai 27%, sehingga nilai COD pada tahapan pengolahan selanjutnya sebesar 33%.

**Emisi Gas Metana.** Tabel 2 menampilkan nilai emisi gas metana yang dihasilkan dari setiap kolam IPAL. Dari tabel tersebut diketahui emisi gas metana tertinggi di kolam 3 pada waktu sore hari, sebesar  $356,64 \times 10^3 \text{ mg m}^{-2} \text{ menit}^{-1}$ .

Tabel 2. Emisi Gas Metana Pada Tiap Kolam IPAL

Kolam	Besaran Emisi Gas Metana $\times 10^3$ ( $\text{mg m}^{-2} \text{ menit}^{-1}$ )		
	Pagi Hari	Siang Hari	Sore Hari
Kolam 3	338,28	226,09	356,64
Kolam 4	48,41	313,43	21,82
Kolam 5	14,94	27,02	21,42
Kolam 6	94,03	137,52	80,23
Kolam 7	12,49	22,79	56,63
Kolam 7B	13,97	28	27,36
Kolam 8	12,02	3,1	0,87
Kolam 9	35,94	3,45	4,37
Kolam 10	22,68	6,3	19,43
Kolam 11	139,85	62,56	98,605
Kolam 12	196,77	240,34	30,15
Kolam 13	6,99	9,03	74,212



Gambar 2. Emisi Gas Metana Pada Kolam IPAL

Gambar 2 menampilkan perbedaan emisi gas metana pada setiap kolam dan pada setiap waktu pengambilan sampel (pagi, siang dan sore hari). Tabel 3 menampilkan nilai emisi total gas metana dari seluruh kolam IPAL. Emisi total gas metana tertinggi terjadi pada pagi hari dengan total emisi  $1,49 \times 10^9 \text{ kg jam}^{-1}$ .

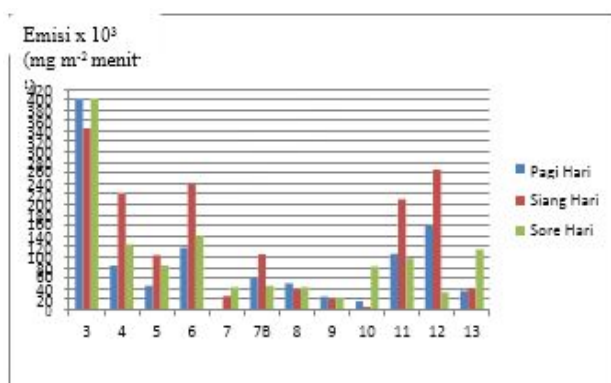
Tabel 3. Emisi Total Gas Metana dari Seluruh Kolam IPAL

Waktu	Total emisi seluruh kolam		
	$\times 10^3$ ( $\text{mg m}^{-2}$ menit)	( $\text{kg m}^{-2} \text{ jam}$ )	$10^9$ ( $\text{kg}$ jam)
Pagi	936,39	56,18	1,49
Siang	878,30	52,7	1,40
Sore	791,74	47,50	1,26

**Emisi Karbon Dioksida.** Tabel 4 menampilkan nilai emisi karbon dioksida yang dihasilkan dari setiap kolam IPAL. Dari tabel tersebut diketahui emisi karbon dioksida tertinggi di kolam 3 pada waktu sore hari yakni sebesar  $402,145 \times 10^3 \text{ mg m}^{-2} \text{ menit}^{-1}$ .

Tabel 4 Hasil perhitungan emisi karbon dioksida

Kolam	Besaran Emisi Gas Karbon Dioksida $\times 10^3$ ( $\text{mg m}^{-2} \text{menit}^{-1}$ )		
	Pagi Hari	Siang Hari	Sore Hari
Kolam 3	402,12	345,59	402,145
Kolam 4	84,17	221,66	125,12
Kolam 5	46,47	103,9	84,58
Kolam 6	118,81	238,87	141,35
Kolam 7	2,28	26,05	43,35
Kolam 7B	63,36	105,67	45,72
Kolam 8	50,62	38,9	42,76
Kolam 9	25,49	20,66	23,2
Kolam 10	17,1	6,84	82,03
Kolam 11	106,79	210,46	97,41
Kolam 12	160,53	266,9	33,59
Kolam 13	36,19	41,43	115,19



Gambar 3 Emisi Karbon Dioksida pada kolam IPAL

Gambar 3 menampilkan perbedaan emisi karbon dioksida setiap kolam dan pada setiap waktu pengambilan sampel (pagi, siang dan sore hari). Tabel 5 menampilkan total emisi karbon dioksida dari seluruh kolam IPAL. Total emisi karbon dioksida tertinggi terjadi pada siang hari sebesar  $1,49 \times 10^9$  kg jam<sup>-1</sup>.

Tabel 5 Emisi Total Karbon Dioksida dari Seluruh Kolam IPAL

Waktu	Total Emisi	
	$\times 10^3$ ( $\text{mg m}^{-2} \text{menit}$ )	$\times 10^9$ (kg jam)
Pagi	1.113,93	66,84
Siang	1.626,93	97,62
Sore	1.236,50	74,19

## BAHASAN

**Degradasi Bahan Organik.** Degradasi bahan organik merupakan penurunan jumlah bahan-bahan organik yang ada dalam limbah cair yang dilihat berdasarkan jumlah nilai COD pada saat sebelum diolah dan sesudah diolah (5). Tabel 1 menunjukkan perbedaan

nilai COD pada setiap inlet kolam. Penurunan nilai COD yang tinggi terjadi di kolam 3 dan kolam 4, pada kolam 3 terjadi penurunan nilai COD dari 19.619,45 mg/L menjadi 15.557,73 mg/l (penurunan sebesar 4.4061,72 atau sekitar 20,7 %). Sedangkan pada kolam 4 terjadi penurunan nilai COD dari 15.557,73 mg/L menjadi 9.494,08 mg/L (penurunan sebesar 6.063,65 atau sekitar 39%). Gambar 1 menunjukkan nilai penghapusan atau pengurangan nilai COD secara menyeluruh pada kolam anaerob dan kolam fakultatif.

Kolam anaerob berfungsi sebagai tempat mengaktifkan bakteri *methanobacterium omelianskii* dengan tujuan untuk membantu penguraian (degradasi) bahan-bahan organik. Volume kolam, luas kolam, dan jumlah lumpur akan berpengaruh terhadap suhu air limbah yang ada pada setiap kolam tersebut, sehingga akan memengaruhi aktivitas *methanobacterium omelianskii* yang akan memengaruhi dekomposisi bahan organik yang ada dalam air limbah tersebut. Efisiensi penurunan COD bisa mencapai 68,3% jika pada suhu cairan yang relatif tinggi, degradasi bahan organik dapat meningkat dengan peningkatan suhu cairan (8). Suhu merupakan faktor yang penting karena dapat memengaruhi aktivitas bakteri (9).

Selain suhu, waktu tinggal limbah sangat berpengaruh pada reaksi hidrolisis dari limbah cair kelapa sawit yang ditandai dengan penurunan laju dekomposisi COD. Semakin lama waktu tinggal limbah maka semakin banyak partikel organik yang terurai. Oleh karena itu waktu tinggal dalam bak anaerob sangat memengaruhi penurunan kadar COD, karena bakteri memerlukan waktu untuk menguraikan senyawa organik menjadi biogas. Proses fermentasi anaerobik berlangsung dalam 4 tahap secara berantai, yaitu acidogenesis, acetogenesis, dan metanogenesis (5, 10). Karena bakteri memerlukan waktu untuk menguraikan senyawa organik menjadi biogas maka semakin lama waktu fermentasi, kontak antara bakteri dengan limbah dan lumpur akan semakin lama dan waktu untuk menguraikan senyawa organik juga semakin lama (11).

**Emisi Gas Metana.** Metana adalah gas hidrokarbon yang sebagian besar berasal dari alam yang dihasilkan oleh dekomposisi anaerobik bahan organik. Sekitar 60-90% metana yang diproduksi dapat dioksidasi sebelum dilepas ke atmosfer. Diasumsikan bahwa saat ini 60-70% dari total emisi gas metana adalah berasal dari antropogenik (12). Tabel 2 menjelaskan nilai emisi gas metana pada setiap kolam IPAL. Dari tabel tersebut diketahui emisi gas metana tertinggi terjadi pada kolam 3 pada waktu sore hari dengan nilai  $356,64 \times 10^3$

mg m<sup>-2</sup> menit<sup>-1</sup> (0,36 kg m<sup>-2</sup> menit<sup>-1</sup>) dan nilai emisi terkecil terjadi pada kolam 8 pada sore dengan nilai emisi 0,87 x 10<sup>3</sup> mg m<sup>-2</sup> menit<sup>-1</sup>. Nilai penurunan COD pada inlet kolam 3 sekitar 20,7%. Korelasi terbentuk antara emisi CH<sub>4</sub> dan COD, dengan setiap 1 kilogram COD yang dilepas akan menghasilkan 0,109 kg (109 mg) dari CH<sub>4</sub> (13). Jika mengacu pada nilai kehilangan COD tersebut, maka CH<sub>4</sub> yang dihasilkan pada kolam 3 sebesar 480,256 mg (0,48 kg) hampir sesuai. Sistem kolam anaerobik yang ada secara efektif menghapus karbon organik dan padatan tersuspensi, dapat mengolah senyawa organik terlarut maupun tersuspensi (14).

Kolam 3 merupakan proses awal dari tahap pengolahan limbah cair kelapa sawit di PT Bio Nusantara Teknologi, kandungan bahan organik paling tinggi berada di kolam 3. Kondisi kolam 3 tidak memiliki lumpur dengan kedalaman air 125-215 cm dengan suhu air limbah 27-37°C merupakan kondisi yang kondusif dalam proses degradasi bahan organik secara anaerob. Konsentrasi substrat dapat memengaruhi proses kerja mikroorganisme, kandungan air dalam substrat dan homogenitas sistem juga memengaruhi proses kerja mikroorganisme. Karena kandungan air yang tinggi akan memudahkan proses penguraian, sedangkan homogenitas sistem membuat kontak antar mikroorganisme dengan substrat menjadi lebih erat (15).

Emisi gas metana yang tinggi juga terdapat di kolam 12, kolam 11 dan kolam 6. Kolam 12 merupakan kolam *polishing* (kolam persiapan untuk agar air limbah bisa dibuang ke sungai). Kolam 12 mempunyai tinggi 6 m, kolam 11 memiliki ketinggian 4 m dan kolam 6 memiliki tinggi 5,5 m, ini merupakan kondisi anaerob sehingga terjadi proses pembentukan gas metana. Jika dibandingkan dengan kolam 3, pada kolam 12, kolam 11 dan kolam 6 lebih banyak terdapat lumpur. Kedalaman lumpur pada kolam 80-225 cm pada kedalaman air 170-225 cm, kolam 11 memiliki kedalaman lumpur 130-280 cm pada kedalaman air 138-280 cm, kolam 6 memiliki kedalaman lumpur 50-140 cm pada kedalaman air 140-175 cm. Jumlah bahan organik juga akan memengaruhi pembentukan gas metana, pada kolam 12 nilai COD 7.451,150 mg/L, nilai COD pada kolam 11 6.534,025 mg/L dan nilai COD pada kolam 6 adalah 9.388,875 mg/L. Kondisi-kondisi tersebut memengaruhi perbedaan emisi pada setiap kolam IPAL. Pembentukan gas metana secara akumulatif ditentukan oleh keberadaan bahan dasar, populasi dan aktivitas mikroba penghasil metana (16).

Gambar 2 menunjukkan waktu tertinggi emisi metana terjadi pada siang ataupun sore hari, jika

dihubungkan dengan kondisi suhu limbah cair pada setiap kolam dan suhu sungkup pada saat pengambilan sampel gas metana, waktu siang dan sore hari suhu air limbah pada masing-masing kolam dan suhu sungkup pada saat pengambilan sampel gas memang mengalami kenaikan. Pada penelitian emisi gas metana pada saluran drainase lahan gambut di Kalimantan Tengah, diperoleh fluktuasi CH<sub>4</sub> berdasarkan waktu pengambilan sampel gas metana tertinggi terjadi pada siang hari (17). Peningkatan suhu secara langsung memacu proses dekomposisi yang mempercepat enzim dan reaksi kimia (18).

Nilai emisi total gas metana tertinggi adalah 1,49 x 10<sup>9</sup> kg per jam yang terjadi pada pagi hari. Tingkat emisi gas yang terbebaskan ke atmosfer sebagian tergantung pada struktur fisik air kolam, yang memengaruhi cahaya, suhu, dan kandungan oksigen, dan kumpulan mikroba. Selain itu, emisi gas metana juga tergantung pada ketersediaan senyawa terlarut untuk didegradasi oleh mikroba (19). Konsentrasi gas metana dapat meningkat seiring peningkatan suhu pada musim panas (9). Penurunan suhu cairan pada kolam akan menurunkan pH air limbah namun konsentrasi asam organik dalam cairan kolam justru sebaliknya (meningkat), nilai asam organik akan menurun apabila suhu cairan meningkat. Apabila suhu cairan kolam meningkat maka aktivitas bakteri metanogenik meningkat. Bakteri mengkonsumsi sebagian besar asam organik untuk menghasilkan biogas (9,20). Komposisi gas juga dipengaruhi oleh perubahan kandungan bahan organik, influen yang lebih terkonsentrasi menghasilkan konsentrasi gas metana yang lebih tinggi dalam fase gas. Banyak faktor yang dipertimbangkan, seperti konsentrasi substrat, volume pakan inokulum, pH dan suhu yang memengaruhi produksi hidrogen fermentasi (21).

**Emisi karbon dioksida.** Emisi karbon dioksida merupakan salah satu gas yang dihasilkan dari reaksi dekomposisi bahan organik, baik secara anaerob maupun secara aerob (5). Tabel 4 menampilkan nilai emisi gas karbon dioksida yang dihasilkan dari setiap kolam IPAL. Dari tabel tersebut diketahui emisi gas karbon dioksida tertinggi di kolam 3 pada waktu sore hari yakni sebesar 402,145 x 10<sup>3</sup> mg m<sup>-2</sup> menit<sup>-1</sup> (0,402 kg m<sup>-2</sup> menit<sup>-1</sup>) dan nilai emisi terendah di kolam 7 pada pagi hari dengan nilai emisi 2,28 x 10<sup>3</sup> mg m<sup>-2</sup> menit<sup>-1</sup>. Emisi karbon dioksida lebih tinggi jika dibandingkan dengan emisi gas metana di setiap kolam IPAL.

Proses fermentasi dalam pembentukan asam dan gas metana dari suatu senyawa organik sederhana pada reaksi anaerob melibatkan banyak reaksi

percabangan yang banyak menghasilkan karbon dioksida, sehingga dalam setiap proses pembentukan gas metana juga akan menghasilkan gas karbon dioksida (5). Emisi gas metana suhu, bahan organik dan pH berpengaruh terhadap respirasi dan konsentrasi karbon dioksida (22).

## SIMPULAN

Konsentrasi gas metana dan karbon dioksida yang dihasilkan setiap kolam IPAL berbeda pada setiap waktu pengambilan. Konsentrasi terkecil gas metana ada di kolam 8 sebesar 45,15 ppm pada waktu pengambilan 5 menit pertama di pagi hari tanggal 10 Mei 2017, dengan suhu sungkup 27<sup>o</sup> C dan suhu air limbah 27<sup>o</sup>C. Konsentrasi gas metana tertinggi terjadi di kolam 3 sebesar 25.093,35 ppm. Pengambilan sampel di sore hari pada menit ke 20 dengan suhu sungkup 31<sup>o</sup>C dan suhu air limbah 34<sup>o</sup>C. Emisi gas metana gas metana tertinggi terjadi di kolam 3 pada waktu sore hari sebesar 356, 64 x 106 mg m<sup>2</sup>menit<sup>-1</sup>. Emisi total gas metana tertinggi terjadi pada pagi hari dengan total emisi 1,49 x 109 kg jam<sup>-1</sup>. Emisi karbon dioksida tertinggi terjadi di kolam 3 pada sore hari sebesar 402,145 x 106 mg m<sup>2</sup> menit dan total emisi karbon dioksida tertinggi terjadi pada siang hari sebesar 1,49 x 109 kg jam<sup>-1</sup>.

Penurunan nilai COD dan BOD dengan nilai penurunan tertinggi terjadi di kolam 4 sebanyak 39% COD dan 61,2% BOD dengan nilai emisi yang relatif kecil. Kolam fakultatif dengan kondisi lumpur yang seimbang bisa mengurangi emisi dan pengurangan nilai COD yang relatif baik. Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah pembersihan lapisan busa yang mulai mengeras pada permukaan kolam harus dilakukan secara berkala untuk memperlambat pembentukan lumpur dan pendangkalan terhadap kolam, perlu adanya pemantauan terhadap lumpur pada setiap kolam, diusahakan ke dalam lumpur tidak lebih dari setengah kedalaman air limbah, karena jika pada kolam IPAL terdapat banyak lumpur akan memengaruhi waktu tinggal dan bahan organik akan sedikit terurai, perlu dilakukan penanaman tanaman yang bisa menyerap karbon dioksida di sekitar kolam IPAL. Tanaman yang tinggi daya serap karbon adalah trembesi, mahoni, beringin, dan matoa namun juga bisa diganti dengan tanaman lain seperti mangga, tanjung dan sawo bisa di tanam di pinggir kolam IPAL, tingginya emisi gas metana dan karbon dioksida yang dihasilkan dari kegiatan pengolahan POME dengan kolam terbuka, alternatif pengolahan POME terbaik adalah dengan menggunakan digester sehingga gas

metana yang terbentuk bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif.

### Abstrak

**Tujuan:** Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui, menghitung dan mengevaluasi konsentrasi gas metana dan karbon dioksida yang dihasilkan pada setiap kolam IPAL. **Metode:** Penelitian ini merupakan jenis penelitian kualitatif, dengan rancangan penelitian studi kasus dan pendekatan eksplanatoris. Objek penelitian ini adalah emisi gas metana dan karbon dioksida yang dipancarkan dari 12 kolam IPAL. **Hasil:** Penurunan nilai COD dan BOD tertinggi terjadi di kolam 4 sebesar 39% COD dan 61,2% BOD. Emisi total gas metana tertinggi adalah 1,49 x 109 kg jam<sup>-1</sup> (1,49 x 106 ton jam<sup>-1</sup>) terjadi pada pagi, sedangkan total emisi karbon dioksida tertinggi adalah 2,59 x 109 kg perjam (2,59 x 106 ton jam<sup>-1</sup>). **Simpulan:** Konsentrasi gas metana dan karbon dioksida yang dihasilkan setiap kolam IPAL sangat bervariasi tergantung suhu, waktu tinggal dan banyaknya lumpur. Emisi gas metana dan karbon dioksida terjadi pada setiap kolam IPAL dengan nilai emisi gas metana tertinggi terjadi di kolam 3 pada waktu sore hari sebesar 356, 64 x 106 mg m<sup>2</sup>menit<sup>-1</sup> dan emisi karbon dioksida tertinggi terjadi di kolam 3 pada sore hari dengan nilai emisi sebesar 402,145 x 106 mg m<sup>2</sup>menit<sup>-1</sup>. penurunan nilai COD pada keseluruhan kolam anaerobik sebesar 52,1% dan penurunan nilai COD pada kolam aerobik sebesar 27,2%.

**Kata Kunci:** POME, degradasi COD, gas metana dan karbon dioksida

## PUSTAKA

1. Ulum M. Hariyanto. 2015. Statistik Kelapa Sawit Indonesia (Indonesian Oil Palm Statistics) 2014.
2. Siregar, SA. Instalasi Pengolahan Air Limbah 5th ed., Yogyakarta: Kanisius. 2009.
3. Dirjen Perkebunan. Statistik Perkebunan Sawit Indonesia, Jakarta. 2013.
4. Rahardjo M.Sc, P.N. Teknologi Pengolahan Limbah Cair Dengan Proses Biologis. 2010.
5. Gerardi MH. The Microbiology Of Aerobic Digester, United States Of America. 2003.
6. Mudiyanoni D. PROTOKOL KYOTO Kompas, ed., Jakarta. 2003.
7. Yin RK. Studi kasus: Desain dan metode 14th ed. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 2015..
8. Toprak H. Temperature and organic loading dependency of methane and carbon dioxide

- emission rates of a full-scale anaerobic waste stabilization pond. *Water Research*. 1995 Apr 1;29(4):1111-9.
9. Haszpra, L. et al. Chapter 3 Trends and Temporal Variations of Major Greenhouse Gas at a rural site in Central Europe. In L. Haszpra, ed. New York: Springer Dordrecht Heidelberg London, pp. 29–63. 2011.
  10. Rambe SM. Pengaruh waktu tinggal terhadap reaksi hidrolisis pada pra-pembuatan biogas dari limbah cair pabrik kelapa sawit. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*. 2014;25(1):23-30.
  11. Widarti BN, Susetyo SH, Sarwono E. Degradasi COD Limbah Cair Dari Pabrik Kelapa Sawit Dalam Proses Pembentukan Biogas. *Jurnal Integrasi Proses*. 2015;5(3).
  12. Casper JK. *Greenhouse gases: worldwide impacts*. Infobase Publishing; 2010.
  13. Yacob S, Hassan MA, Shirai Y, Wakisaka M, Subash S. Baseline study of methane emission from open digesting tanks of palm oil mill effluent treatment. *Chemosphere*. 2005 Jun 1;59(11):1575-81.
  14. Rajbhandari BK, Annachhatre AP. Anaerobic ponds treatment of starch wastewater: case study in Thailand. *Bioresource technology*. 2004 Nov 1;95(2):135-43.
  15. Kroecker EJ, Schulte DD, Sparling AB, Lapp HM. Anaerobic treatment process stability. *Journal (Water Pollution Control Federation)*. 1979 Apr 1:718-27. Available at: <http://www.jstor.org/stable/25039893>.
  16. Theodore L, Kunz RG. *Nanotechnology: environmental implications and solutions*. John Wiley & Sons; 2005 Apr 22.
  17. Yulianingsih, E. & Setyanto, P. Emisi Metana (CH<sub>4</sub>) dari Saluran Drainase lahan Gambut di Kalimantan Tengah. *Jurnal Ilmu Pertanian*, 28(Juli), pp.25–30. 2016.
  18. Poh PE, Yong WJ, Chong MF. Palm oil mill effluent (POME) characteristic in high crop season and the applicability of high-rate anaerobic bioreactors for the treatment of POME. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2010 Oct 8;49(22):11732-40.
  19. Holgerson MA. Drivers of carbon dioxide and methane supersaturation in small, temporary ponds. *Biogeochemistry*. 2015 May 1;124(1-3):305-18. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s10533-015-0099-y>.
  20. Safley Jr LM, Westerman PW. Biogas production from anaerobic lagoons. *Biological wastes*. 1988 Jan 1;23(3):181-93.
  21. Chaikitkaew S, Kongjan P, Sompong O. Biogas production from biomass residues of palm oil mill by solid state anaerobic digestion. *Energy Procedia*. 2015 Nov 1;79:838-44. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.575>.
  22. Sobek S, Tranvik LJ, Cole JJ. Temperature independence of carbon dioxide supersaturation in global lakes. *Global Biogeochemical Cycles*. 2005 Jun 1;19(2).

