

**ESTIMASI POTENSI EMISI GAS RUMAH KACA PADA  
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH SEWON, BANTUL,  
DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA**

***GREENHOUSE GAS EMISSION POTENTIAL ESTIMATION ON  
SEWON WASTEWATER TREATMENT PLANT, BANTUL, SPECIAL  
REGION OF YOGYAKARTA***

**Fauzi Farid Muttaqien\***

\*Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Universitas Islam Indonesia

[fauzifm18@gmail.com](mailto:fauzifm18@gmail.com)

***Abstract***

Wastewater was one of Greenhouse Gases (GHGs) emission sources i.e. methane (CH<sub>4</sub>) and nitrogen oxide (N<sub>2</sub>O). GHGs emission from wastewater can be produced either it was treated or not. In this study GHGs potential from wastewater treatment activity on Sewon WWTP in Bantul, Special Region of Yogyakarta was estimated using methodology from 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories and Methodologies for U.S. Greenhouse Gas Emissions Projections: Non-CO<sub>2</sub> and Non-Energy CO<sub>2</sub> Sources. The result from IPCC Guidelines showed that GHGs emission potential of CH<sub>4</sub> emission was 18.27 tonCH<sub>4</sub>/year and 3.32 tonN<sub>2</sub>O/year for N<sub>2</sub>O emission, with total emission potential equivalent to 1.4455 GgCO<sub>2</sub>eq/year. The result from USEPA Methodologies showed GHGs emission potential of CH<sub>4</sub> emission was 13.87 tonCH<sub>4</sub>/year and N<sub>2</sub>O emission potential result was 3.32 tonN<sub>2</sub>O/year, with total emission potential equivalent to 1.3357 GgCO<sub>2</sub>eq/year. Estimastion result from both method show that CH<sub>4</sub> have bigger amount of emission than N<sub>2</sub>O, but N<sub>2</sub>O have twelve times GWP value of CH<sub>4</sub>, so it was still have effect toward total emission potential.

*Key words: GHGs, IPCC Guidelines, US EPA, WWTP*

***Abstrak***

Air limbah merupakan salah satu sumber emisi gas rumah kaca (GRK), yaitu gas metana (CH<sub>4</sub>) dan gas nitrogen oksida (N<sub>2</sub>O). Emisi GRK dari sumber air limbah dapat terbentuk baik, air limbah ini diolah atau tidak. Pada penelitian ini dilakukan estimasi potensi emisi GRK dari sumber air limbah yang diolah pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Sewon Bantul, D.I. Yogyakarta. IPAL Sewon Bantul menggunakan kolam fakultatif aerobik untuk pengolahan air limbah. Estimasi potensi GRK dilakukan dengan menggunakan metode 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories dan Methodologies for U.S. Greenhouse Gas Emissions Projections: Non-CO<sub>2</sub> and Non-Energy CO<sub>2</sub> Sources. Hasil estimasi dengan metode IPCC menunjukkan potensi emisi CH<sub>4</sub> sebesar 18.27 tonCH<sub>4</sub>/tahun, emisi N<sub>2</sub>O 3.32 tonN<sub>2</sub>O/tahun, total potensi dari kedua emisi GRK setara dengan 1.4455 GgCO<sub>2</sub>eq/tahun. Hasil dari metode US EPA menunjukkan potensi emisi CH<sub>4</sub> sebesar 13.87 tonCH<sub>4</sub>/tahun dan emisi N<sub>2</sub>O 3.32 tonN<sub>2</sub>O/tahun dengan total potensi emisi setara 1.3357 GgCO<sub>2</sub>eq/tahun. Hasil estimasi dari kedua metode menunjukkan emisi CH<sub>4</sub> ebih besar dari pada N<sub>2</sub>O, tapi nilai GWP emisi N<sub>2</sub>O dua belas kali lebih besar daripada CH<sub>4</sub>

*Kata Kunci: GRK, IPAL, Pedoman IPCC dan US EPA*

## 1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2014 *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) merilis dokumen *Climate Change 2014, Synthesis Report* yang berisikan mengenai jumlah gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan secara global, serta estimasi jumlah emisi untuk beberapa tahun kedepan. Dokumen ini menyajikan data mengenai akumulasi emisi GRK di atmosfer hingga tahun 2011 sebesar  $2040 \pm 310$  GtCO<sub>2</sub>, yang mana 40% emisi ini dihasilkan dalam jangka waktu 40 tahun terakhir.

Salah satu sektor yang tercantum dalam dokumen IPCC sebagai sumber emisi GRK adalah sektor limbah. Berdasarkan *Climate Change 2014, Synthesis Report* yang diterbitkan oleh IPCC pada tahun 2015, sektor ini mewakili 13% dari seluruh emisi yang dihasilkan di seluruh dunia. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) termasuk sebagai salah satu sumber emisi GRK pada sektor limbah, khususnya air limbah. IPAL menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O dari kegiatan pengolahan air limbah (Yerushalmi. 2009). Parravicini (2016) menyatakan bahwa emisi CO<sub>2</sub> dari sumber air limbah biasanya tidak dipertimbangkan pada *CO<sub>2</sub>-balance*, hal ini dikarenakan emisi CO<sub>2</sub> dari air limbah umumnya berupa CO<sub>2</sub> biogenik sehingga bersifat iklim netral.

Jika dibandingkan dengan sektor lain persentasenya memang lebih kecil, tapi diperkirakan emisi dari sektor ini akan meningkat setiap tahunnya. Peningkatan emisi sektor ini, dipengaruhi oleh peningkatan jumlah penduduk dan kualitas hidup. Perihal tersebut akan meningkatkan jumlah air limbah yang dibuang.

Penanganan air limbah di Indonesia masih menjadi masalah, dengan populasi penduduk yang begitu besar, jumlah air limbah yang dihasilkan juga sangat masif. Infrastruktur pengolahan air limbah saat ini masih minim, dan hanya ada beberapa kota yang memiliki pengolahan air limbah terpusat. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Sewon merupakan salah satu infrastruktur pengolahan air limbah terpusat yang ada di Indonesia. IPAL yang melayani kawasan Kartamantul ini dibangun dengan bantuan dana hibah dari pemerintah Jepang. IPAL Sewon menggunakan sistem pengolahan kolam fakultatif aerobik dan kolam maturasi untuk pengolahan air limbah (Balai PISAMP. 2018). Mengingat aktivitas pengolahan air limbah di IPAL Sewon juga menghasilkan emisi GRK, dan hingga saat ini belum pernah dilakukan perhitungan jumlah emisi yang dihasilkan. Maka perlu dilakukan estimasi emisi GRK yang dihasilkan dari IPAL Sewon.

Estimasi GRK akan menggunakan metode *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* atau Pedoman IPCC. Pedoman ini diterbitkan oleh

*Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* untuk digunakan oleh negara-negara yang belum memiliki metode untuk estimasi emisi GRK-nya. Selain pedoman IPCC, metode lain yang akan digunakan adalah *Methodologies for U.S. Greenhouse Gas Emissions Projections: Non-CO2 and Non-Energy CO2 Sources* merupakan metodologi untuk estimasi GRK yang diterbitkan oleh *Unites States Enviromental Protection Agency (USEPA)*.

Estimasi GRK yang dilakukan oleh Coster di IPAL Pukehoke Selandia Baru menunjukkan adanya emisi CH<sub>4</sub> sebesar 0.107 GgCH<sub>4</sub>/tahun dan emisi N<sub>2</sub>O sebesar 0.00035 Gg N<sub>2</sub>O/tahun. Padam estimasi yang dilakukan oleh Gupta dan Singh pada dua IPAL yang terletak di Dehli, India yaitu, IPAL Sen Nursing Home yang menghasilkan emisi CH<sub>4</sub> 0.027 Gg CO<sub>2</sub>eq dan emisi N<sub>2</sub>O 0.004 GgCO<sub>2</sub>eq. Hasil estimasi dari IPAL Indrapuram menunjukkan emisi CH<sub>4</sub> sebesar 2.091 GgCO<sub>2</sub>eq/tahun) dan emisi N<sub>2</sub>O sebesar 0.019 GgCO<sub>2</sub>eq. Hingga saat ini belum diketahui seberapa besar emisi GRK dari IPAL Sewon. Dengan alasan tersebut maka diperlukan estimasi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari IPAL Sewon.

Diharapkan dari estimasi emisi dari IPAL Sewon, data yang diperoleh bisa menjadi sumber data dalam penyusunan dokumen inventarisasi GRK, sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan teknologi untuk pengolahan air limbah, dari sisi potensi emisi GRK-nya, serta menjadi sumber informasi untuk usaha penanganan emisi GRK dari sumber air limbah khususnya IPAL Sewon.

## 2. METODE

Penentuan emisi CH<sub>4</sub> dengan metode IPCC sebagai berikut:

$$\text{Emisi CH}_4 = [\sum_{i,j} (U_i \times T_{i,j} \times EF_j)] (TOW - S) - R \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana:

Emisi CH<sub>4</sub> = jumlah emisi CH<sub>4</sub> pada tahun inventarisasi (kg CH<sub>4</sub> /tahun)

TOW = Total organik di air limbah pada tahun inventarisasi (kg BOD/tahun)

S = jumlah komponen organik yang hilang sebagai lumpur pertahunnya (kg BOD/tahun).

U<sub>i</sub> = fraksi populasi di pengelompokan penghasilan pada tahun inventarisasi

T<sub>i,j</sub> = tingkat penggunaan pengolahan/saluran pembuangan atau sistem, untuk setiap kelompok peng-hasilan pada tahun inventarisasi

EF<sub>j</sub> = faktor emisi (kg CH<sub>4</sub>/kg BOD)

R = jumlah emisi CH<sub>4</sub> yang ter-recovery pada tahun inventarisasi (kg CH<sub>4</sub>/tahun).

$$EF_j = B_o \times MCF_j \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana:

$EF_j$  = faktor emisi (kg CH<sub>4</sub> /kg BOD)

$B_o$  = kapasitas maksimal produksi CH<sub>4</sub> (kg CH<sub>4</sub> /kg BOD)

$MCF_j$  = faktor koreksi methana.

$$TOW = P \times BOD \times 0.001 \times I \times 365 \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

TOW = Total organik air limbah pada tahun inventarisasi (kg BOD/tahun)

P = jumlah penduduk (jiwa)

BOD = jumlah BOD yang dihasilkan perorangnya (g/orang/hari)

0.001 = konversi gram ke kilogram

I = faktor koreksi bila ada limbah industri yang masuk ke jaringan sewer

Penentuan emisi N<sub>2</sub>O dengan metode IPCC sebagai berikut:

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = N_{\text{EFFLUENT}} \times E_{\text{EFFLUENT}} \times (44/28) \dots\dots\dots (3.4)$$

Emisi N<sub>2</sub>O = jumlah emisi N<sub>2</sub>O pada tahun inventori, dinyatakan dalam kg N<sub>2</sub>O/tahun.

$N_{\text{EFFLUENT}}$  = jumlah nitrogen yang dilepaskan ke badan air, dinyatakan dalam kg N/tahun

$E_{\text{EFFLUENT}}$  = faktor emisi N<sub>2</sub>O, dinyatakan dalam kg N<sub>2</sub>O-N/kg N. Nilai ini menggunakan default dari IPCC yaitu 0.005 N<sub>2</sub>O-N/kg N.

Faktor konversi untuk kg N<sub>2</sub>O-N menjadi kg N<sub>2</sub>O adalah 44/28

$$N_{\text{EFFLUENT}} = (P \times \text{Protein} \times F_{\text{NPR}} \times F_{\text{NON-CON}} \times F_{\text{IND-COM}}) - N_{\text{SLUDGE}} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana:

$N_{\text{EFFLUENT}}$  = jumlah total nitrogen di effluent air limbah tahunan

P = populasi penduduk (jiwa)

Protein = jumlah konsumsi protein perorang dalam setahun (kg/orang/tahun)

$F_{\text{NPR}}$  = fraksi nilai nitrogen di dalam protein (default = 0.16 kg N/kg protein)

$F_{\text{NON-CON}}$  = faktor untuk protein non-konsumsi yang terdapat di air limbah

$F_{\text{IND-COM}}$  = faktor untuk protein dari sektor industri-komersil yang masuk ke dalam sewer.

$N_{\text{SLUDGE}}$  =nitrogen yang hilang sebagai lumpur (default = 0), (kg N/tahun)

Penentuan emisi  $\text{CH}_4$  dengan metode USEPA sebagai berikut:

$$\text{Emisi CH}_4 = \text{BOD}_{\text{tot,y}} \times (\text{WW}_{\text{j,y}} \times (1 - \%R_{\text{j,y}}) \times \text{EF}_{\text{j,y}}) \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana:

- $E_{\text{ct,y}}$  = Emisi tahunan (Gg)
- $\text{BOD}_{\text{tot,y}}$  = Total BOD yang dihasilkan pertahun (kg)
- $\text{WW}_{\text{j,y}}$  = fraksi air limbah masuk yang terolah
- $\%R_{\text{j,y}}$  = persentasi BOD yang terdegradasi
- $\text{EF}_{\text{j,y}}$  = faktor emisi  $\text{CH}_4$

Rumus untuk penentuan besaran  $\text{BOD}_{\text{tot,y}}$

$$\text{BOD}_{\text{tot,y}} = P \times \text{BOD} \times 365.25 \dots\dots\dots (3.7)$$

Dimana:

- $P$  = populasi (jiwa)
- $\text{BOD}$  = BOD percapita (kg/orang/hari)
- $365.25$  = jumlah hari dalam waktu satu tahun

Penentuan emisi  $\text{N}_2\text{O}$  dengan metode USEPA sebagai berikut:

$$\text{Emisi N}_2\text{O} = \{ [ ((P \times F_{\text{tp,y}}) - (0.9 \times \text{POP}_{\text{dn,y}})) \times \text{Protein} \times F_{\text{NPR}} \times F_{\text{NON-CON}} \times F_{\text{NON-COM}} - N_{\text{SLUDGE}} ] \times \text{EF}_{\text{EFFLUENT}} \times (44/28) \} \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana:

- Emisi  $\text{N}_2\text{O}$  = total emisi tahunan  $\text{N}_2\text{O}$  dari air limbah (Gg)
- $P$  = Populasi (jiwa)
- $F_{\text{tp,y}}$  = fraksi populasi yang menggunakan pengolahan air limbah
- $0.9$  = fraksi nitrogen yang dihilangkan oleh sistem denitrifikasi
- $\text{POP}_{\text{dn,y}}$  = fraksi populasi yang dilayani oleh denitrifikasi
- Protein = konsumsi protein tahunan per capita
- $F_{\text{NPR}}$  = fraksi nitrogen di dalam protein (kg N/kg protein)
- $F_{\text{NON-CON}}$  = faktor protein non-konsumsi
- $F_{\text{NON-COM}}$  = faktor untuk air limbah dari sumber industri dan komersil yang masuk kedalam sistem sewer

$N_{SLUDGE}$  = jumlah nitrogen yang terdegradasi bersama *sludge* (kg N/tahun)

$EF_{EFFLUENT}$  = faktor emisi dari effluent air limbah (kg  $N_2O$ -N/kg *sewage-N produced*)

44/28 = rasio berat molekul  $N_2O$  dengan  $N_2$

Rumus estimasi emisi GRK dalam satuan  $CO_2eq$

$$CO_{2e} = GHG_i \times GWP_i \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana:

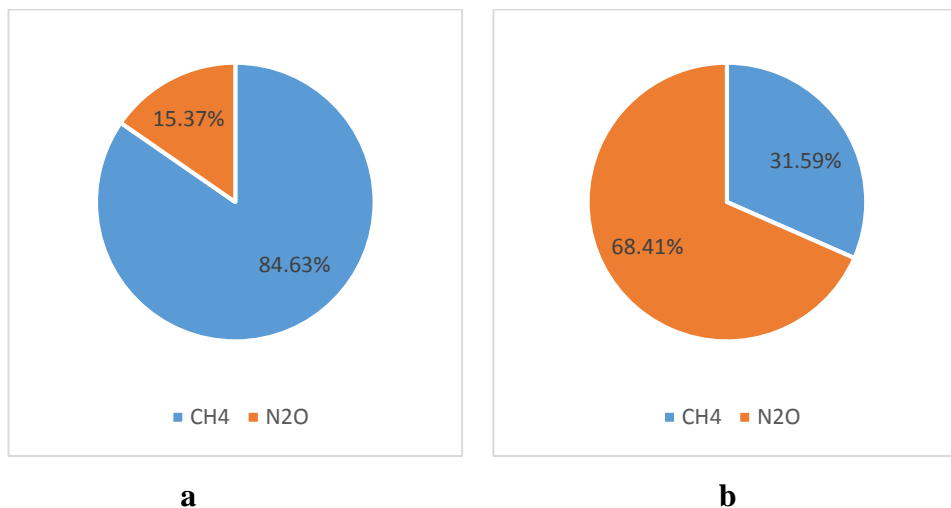
$CO_{2e}$  = Emisi dalam karbon dioksida ekuivalen, ton/tahun

$GHG_i$  = jumlah emisi tiap jenis GRK, ton/tahun

$GWP_i$  = *Global Warming Potential* dari jenis GRK yang dihitung,

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil estimasi emisi GRK dari IPAL Sewon dengan menggunakan metode IPCC, ditampilkan pada Tabel 1. Pada Tabel 1 secara kuantitas emisi  $CH_4$  memiliki jumlah yang lebih besar daripada emisi  $N_2O$ . Persentase emisi  $CH_4$  dengan metode IPCC (**Gambar 1a**) adalah 84.63% dari total emisi, dan untuk emisi  $N_2O$  adalah 15.37%. Hanya saja untuk besaran GWP-nya (**Gambar 1b**)  $CH_4$  hanya berkisar 31.59% sedangkan emisi  $N_2O$  sebesar 68.41% dari total emisi. Hal ini dikarenakan nilai GWP dari  $N_2O$  lebih besar daripada  $CH_4$ .



**Gambar 1** Persentase emisi GRK dengan metode IPCC

**Tabel 1** Hasil Estimasi dengan Metode IPCC

	Emisi	GWP
Emisi CH <sub>4</sub>	18265.588 kg CH <sub>4</sub> /tahun	0.4566 Gg CO <sub>2</sub> eq/tahun
Emisi N <sub>2</sub> O	3318.5228 kg N <sub>2</sub> O/tahun	0.9889 Gg CO <sub>2</sub> eq/tahun
Total		1.4455 Gg CO <sub>2</sub> eq/tahun

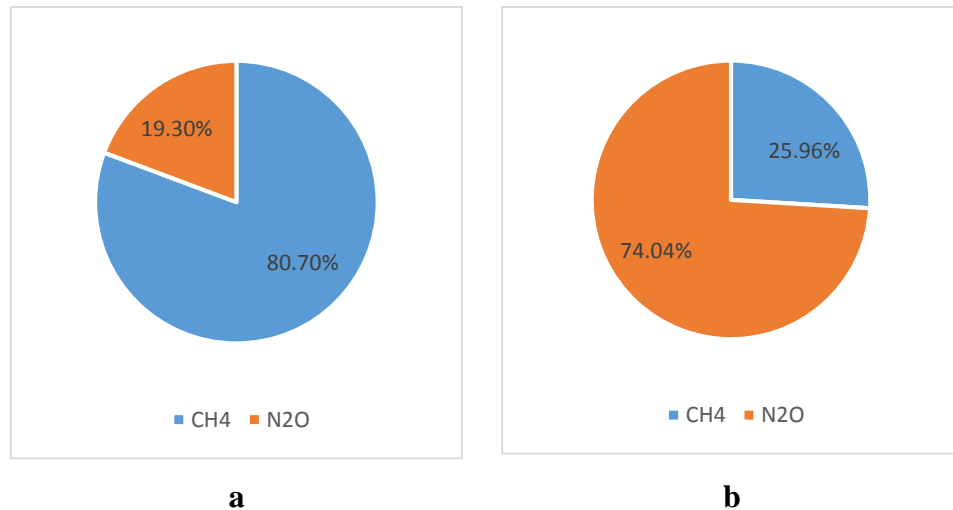
Hasil estimasi emisi GRK dari IPAL Sewon dengan menggunakan metode USEPA, ditampilkan pada Tabel 2. Dapat dilihat dari Tabel 2 secara kuantitas emisi CH<sub>4</sub> memiliki jumlah yang lebih besar daripada emisi N<sub>2</sub>O. Persentase emisi CH<sub>4</sub> dengan metode USEPA (**Gambar 2a**) adalah 80.7% dari total emisi, dan untuk emisi N<sub>2</sub>O adalah 19.3%. Untuk kuantitas emisi berdasarkan nilai GWP (**Gambar 2b**) persentase emisi CH<sub>4</sub> berkisar 25.96% sedangkan emisi N<sub>2</sub>O sebesar 74.04% dari total emisi. Hal ini dikarenakan nilai GWP dari N<sub>2</sub>O lebih besar daripada CH<sub>4</sub>, sehingga walaupun kuantitas dari emisi N<sub>2</sub>O lebih kecil jika dibandingkan emisi yang lain. Efek yang dihasilkan terhadap pemanasan global jauh lebih besar.

**Tabel 2** Hasil Estimasi dengan Metode USEPA

	Emisi	GWP
Emisi CH <sub>4</sub>	13873.2417kg CH <sub>4</sub> /tahun	0.3468 Gg CO <sub>2</sub> eq/tahun
Emisi N <sub>2</sub> O	3318.4973 kg N <sub>2</sub> O/tahun	0.9889 Gg CO <sub>2</sub> eq/tahun
Total		1.3357 Gg CO <sub>2</sub> eq/tahun

Secara umum perbedaan dari metode IPCC dan USEPA dalam estimasi emisi CH<sub>4</sub> dari IPAL terdapat pada fokus dari faktor yang digunakan. Metode dari IPCC menggunakan faktor yang didasari oleh kaitan antara tingkat urbanisasi ( $U_i$ ) dengan penggunaan metode pengolahan dan cara penyaluran ( $T_{ij}$ ) untuk setiap kelompok penghasil. Kedua faktor ini mewakili kondisi kawasan/masyarakat yang terlayani oleh IPAL. Metode dari US EPA menggunakan fraksi tingkat degradasi BOD dari sistem pengolahan serta fraksi air limbah masuk yang diolah oleh sistem. Faktor ini mewakili kondisi teknis dari teknologi pengolahan yang digunakan.

Bila dilihat dari komponen yang digunakan dalam kalkulasi estimasi emisi  $N_2O$ , kedua metode hampir sepenuhnya sama. Yang membedakan adalah proses kalkulasinya dan penggunaan fraksi jumlah nitrogen yang terdegradasi pada proses dinitrifikasi dan fraksi populasi yang terlayani oleh IPAL dalam proses kalkulasinya. Fraksi jumlah nitrogen



**Gambar 2** Persentase emisi GRK dengan metode USEPA

terdegradasi yang bernilai 0.9 menjadi alasan mengapa hasil estimasi dari metode IPCC dan USEPA berbeda. Bila nilai faktor ini = 1, maka hasil estimasi dari kedua metode akan mendapat potensi emisi  $N_2O$  yang sama.

Sama halnya dengan estimasi emisi  $CH_4$ , dalam estimasi emisi  $N_2O$  berdasarkan Metode USEPA tidak mencantumkan cara atau tabel penentuan nilai faktor yang digunakan. Maka selain untuk nilai fraksi jumlah nitrogen yang terdegradasi pada proses dinitrifikasi (yang tercantum di rumusnya langsung) dan fraksi populasi yang terlayani oleh IPAL, faktor yang lain menggunakan nilai yang sama, dengan nilai yang digunakan pada metode dari IPCC.

Usaha untuk penanggulangan emisi  $CH_4$  dari sumber IPAL bisa dibagi atas tiga cara, yaitu:

1. Penambahan/penggantian aerator,
2. Penangkapan emisi,
3. Penggantian teknologi pengolahan.

USEPA (2013) menyatakan bahwa emisi  $CH_4$  dihasilkan dari proses degradasi material organik pada kondisi anaerobik. Mengingat sistem pengolahan yang digunakan adalah aerobik fakultatif, maka tidak sepenuhnya kolam dalam kondisi aerobik. Rekomendasi ini di dasari oleh



pertimbangan bahwa pengolahan air limbah secara aerobik memiliki jumlah emisi CH<sub>4</sub> lebih kecil daripada pengolahan dengan fakultatif aerobik. Perihal ini bisa dilihat dari nilai koreksi metana yang tercantum pada Pedoman IPCC, yang mana nilai koreksi metana pengolahan aerasi lebih kecil daripada pengolahan secara anaerobik. Dari sini diambil kesimpulan bahwa pengolahan fakultatif aerobik yang juga menerapkan kondisi anaerobik pada pengolahan memiliki nilai koreksi metana yang lebih kecil daripada pengolahan secara aerobik. Agar kondisi kolam menjadi aerobik maka perlu dilakukan penambahan jumlah oksigen kedalam air. Edahwati (2009) menuliskan bahwa usaha penambahan oksigen bisa dilakukan dengan dua cara yaitu: memasukkan udara ke dalam air limbah dan memaksa air limbah bersentuhan dengan udara.

Penambahan udara dapat dilakukan dengan teknologi micro atau nano bubble yang mana udara di alirkan dari dasar kolam pengolahan, sehingga air limbah bisa bersentuhan langsung dengan udara. Udara yang dialirkan bisa berupa udara ambien atau udara dengan konsentrasi oksigen yang telah dinaikkan. Saat ini IPAL Sewon menggunakan aerator kincir untuk melakukan penambahan udara ke dalam kolam. Tapi dengan teknologi ini masih ada emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan, hal ini bisa dilihat dari hasil estimasi dair IPAL Sewon dimana masih ada emisi CH<sub>4</sub> yang dihasilkan. Maka diperlukan penambahan jumlah atau mengganti model kincir yang digunakan ke yang lebih efisien dalam mensuplai udara ke air limbah. Dengan penambahan atau penggantian alat aerasi diharapkan kolam sepenuhnya dalam kondisi aerobik, sehingga potensi emisi CH<sub>4</sub> mendekati menjadi sangat minim.

Global Methane Initiative (2013) menyatakan salah satu cara dalam penanggulangan emisi CH<sub>4</sub> adalah dengan cara penangkapan emisi. Penangkapan emisi dilakukan dengan menutupi seluruh permukaan dari kolam IPAL Sewon, baik dengan penutup berbahan plastik atau bahan lain. Bila sistem pengolahan tidak diubah, maka suplai oksigen kedalam sistem harus selalu terjadi agar tetap dalam kondisi aerobik. Pilihan lainnya adalah dengan menutupi seluruh kolam tanpa suplai oksigen, sistem pengolahan limbah diubah sepenuhnya menjadi anaerobik.

Penggantian teknologi pengolahan yang dimaksud adalah mengganti seluruh teknologi pengolahan yang digunakan. Misalnya teknologi pengolahan dengan *anaerobic digester* dimana sistem pengolahannya bersifat tertutup, sehingga emisi yang dihasilkan dapat langsung ditangkap, baik itu emisi CH<sub>4</sub> atau emisi N<sub>2</sub>O. Tentunya penggantian dengan teknologi lainnya harus memperhatikan potensi emisi GRK dari pengolahan tersebut dan bagaimana cara penanggulangannya .

Dari ketiga cara yang bisa dilakukan, pilihan yang paling *cost effective* adalah dengan penambahan atau mengganti aerator yang digunakan. Hal ini dengan pertimbangan bahwa biaya yang digunakan lebih kecil jika dibandingkan dengan alternatif yang lain. Selain itu operasi dari IPAL tidak perlu dihentikan untuk penambahan aerator, kecuali dilakukan penggantian aerator, dan aerator yang baru perlu memerlukan pemasangan pada lantai kolam pengolahan air limbah.

Pilihan kedua menjadi tidak *cost effective* karena diperlukan pembangunan baru pada bangunan kolam untuk memasang penutup di seluruh kolam yang tentunya akan memakan biaya yang tidak sedikit. Selain itu diperlukan *blower* untuk mensuplai oksigen/udara kedalam kolam yang sudah ditutupi. Untuk pilihan ketiga, diperlukan biaya untuk pembangunan sistem pengolahan baru yang juga tidak sedikit, dan aktivitas pengolahan air limbah bisa dihentikan bilamana pembangunan sistem pengolahan yang baru dilakukan di lokasi IPAL lama.

Penanggulangan emisi N<sub>2</sub>O dari sumber IPAL juga dapat dilakukan yang paling cocok dilakukan adalah dengan cara melakukan penangkapan emisi. Hal ini dikarenakan proses terbentuknya emisi N<sub>2</sub>O masih belum bisa di control atau diperkirakan. Pernyataan ini didasari oleh metode estimasi yang digunakan, kedua metode yang digunakan tidak menunjukkan factor yang terkait dengan system pengolahan untuk estimasi emisi N<sub>2</sub>O.

Dengan pilihan penutupan seluruh permukaan kolam, Emisi N<sub>2</sub>O juga dapat ditangkap yang mana nantinya bisa digunakan kembali untuk keperluan lainnya. Untuk alternatif penggantian teknologi, perlu diperhatikan juga potensi emisi N<sub>2</sub>O dari teknologi yang dipilih, serta metode untuk penanganan emisi dari teknologi tersebut.

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Hasil estimasi berdasarkan pedoman IPCC 2006 potensi emisi CH<sub>4</sub> sebesar 18265.588 kg CH<sub>4</sub>/tahun, emisi N<sub>2</sub>O sebesar 3318.5228 kg N<sub>2</sub>O/tahun, total emisi setara dengan 1.4455 GgCO<sub>2</sub>eq/tahun. Untuk estimasi dengan metode US EPA emisi CH<sub>4</sub> sebesar 13873.24166 kg CH<sub>4</sub>/tahun, emisi N<sub>2</sub>O sebesar 3318.4973 kg N<sub>2</sub>O/tahun, dan total emisi setara dengan 1.3357 GgCO<sub>2</sub>eq/tahun.
2. Dari kedua metode yang digunakan dalam melakukan estimasi potensi emisi CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O, secara umum metode IPCC menunjukkan hasil estimasi yang lebih besar daripada

metode US EPA. Pada estimasi emisi CH<sub>4</sub>, hasil dari metode IPCC ±20% lebih besar daripada metode US EPA. Untuk estimasi emisi N<sub>2</sub>O, hasil estimasi dari kedua metode menunjukkan hasil yang sangat tipis, kurang dari 0.05 kg N<sub>2</sub>O/tahun.

3. Penanggulangan emisi GRK dari IPAL Sewon bisa dilakukan dengan cara 1) penambahan jumlah atau penggantian aerator, 2) melakukan penangkapan emisi, 3) penggantian teknologi pengolahan air limbah.

## 5. SARAN

Faktor-faktor yang digunakan dalam estimasi emisi memerlukan penelitian lebih lanjut, untuk menentukan nilai faktor yang spesifik dengan lokasi/kawasan yang diestimasi emisinya. Hal ini dikarenakan faktor yang digunakan dalam estimasi ini merupakan data *default* yang terdapat pada pedoman IPCC. IPCC sendiri mendorong untuk setiap negara untuk dapat mengetahui nilai faktor yang dapat digunakan di negara tersebut. Hal ini dikarenakan faktor-faktor ini dapat dipengaruhi oleh kondisi geografis dan antropologis dari lokasi estimasi yang dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ashrafi, Omid. 2012. **Estimation of Greenhouse Gas Emissions in Wastewater Treatment Plant of Pulp & Paper Industry**. Thesis in Department of Buildingm Civil and Environmental Engineering. Concordia University
- Balai Pengolahan Infrastruktur Sanitasi dan Air Minum Perkotaan (Balai PISAMP). 2018. Bantul DIY
- BMKG. 2013. **Modul Perubahan Iklim, Pelatihan Bagi Pelatih Penyuluh (TOT) Pertanian**. Jakarta
- Coster, M. ( ) **Greenhouse Gas Emissions from Wastewater Treatment Schmes – New Zealand Case Study Examples**. AWT New Zealand Ltd.
- Edahwati, L., Suprihatin. 2009. **Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, Dan Filtrasi Pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan**. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN “Veteran” Jawa Timur. Surabaya.

- Global Methane Initiative. 2013. **Municipal Wastewater Methane: Reducing Emissions, Advancing Recovery and Use Opportunities**. Administrative Support Group (ASG) Global Methane Initiative.
- Gupta, D. and Singh, S.K. 2015 'Energy use and greenhouse gas emissions from wastewater treatment plants', *Int. J. Environmental Engineering*, Vol. 7, No. 1, pp.1–10.
- IPCC 2006. 2006. **IPCC Guidelines for national Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Program**. Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. dan Tanabe K. (eds). IGES. Japan.
- IPCC. 2008. **Climate Change 2007, Synthesis Report**. Geneva
- IPCC. 2015. **Climate Change 2014, Synthesis Report**. Geneva (hal. 4)
- Kementerian Lingkungan Hidup (KemenLH). 2012. **Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, Buku I Pedoman Umum**. Jakarta.
- Law, Y., Ye, L., Pan, Y., Yuan, Z., 2012. **Nitrous Oxide Emissions from Wastewater Treatment Processes**. *Phil. Trans. The Royal Society B (2012) 367*, (hal.1265–1277)
- Metcalf & Eddy. 2004. **Wastewater Engineering Treatment and Reuse, International Edition**. McGraw Hill. Singapura
- Parravicini, Vanessa; Svardal, Karl; Krampe, Jörg. 2016. **Greenhouse Gas Emissions from Wastewater Treatment Plants**. TU-Wien Institute for Water Quality, Resource and Waste Management. Vienna, Austria.
- Santín, I.; Barbu, M.; Pedret, C.; Vilanova, R. 2017. **Control Strategies for Nitrous Oxide Reduction on Wastewater Treatment Plants Operation**. *Water Research* 125 (2017) 466-477
- US EPA. 2010. **Greenhouse Gas Emissions Estimation Methodologies for Biogenic Emissions from Selected Source Categories**. North Carolina
- US EPA. 2011. **Principles of Design and Operations of Wastewater Treatment Pond Systems for Plant Operators, Engineers and Managers**. Cincinnati.
- US EPA. 2012. **Global Anthropogenic Non-CO2 Greenhouse Gas Emissions 1990 – 2030**. Washington. (hal 1-3; 11)
- Yerushalmi, L., Haghghat, F., Shahabadi, M.B. 2009. **Contribution of On-Site and Off-Site Processes to Greenhouse Gas Emissions by Wastewater Treatment Plants**. World Academy of Science, Engineering and Technology. *International Journal of Environmental and Ecological Engineering* Vol:3, No:6,2009.
- Zhan-Yun, M., Peng, F., Qing-Xian, G., Yan-na, L., Jun-Rong, L., Wen-Tao, L., 2015. **CH4 Emissions And Reduction Potential In Wastewater Treatment In China**. *Advances in Climate Change Research* 6 (2015). Halaman 216-224.