

Terbit online pada laman web jurnal :<http://jurnaldampak.ft.unand.ac.id/>

Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas

| ISSN (Print) 1829-6084 |ISSN (Online) 2597-5129|



Artikel Penelitian

Potensi Emisi Gas Rumah Kaca dari Pengolahan Air Limbah Domestik di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Bojongsoang, Kabupaten Bandung

Fanny Novia

Universitas Kebangsaan Republik Indonesia, Jalan Terusan Halimun No. 37 Bandung, 40263, Indonesia

*Koresponden: fannynov06@gmail.com

Diterima: 07 Agustus 2022

Diperbaiki: 26 September 2022

Disetujui: 30 September 2022

A B S T R A C T

Greenhouse gas emissions potential of CH₄ and CO₂ from domestic wastewater treatment at WWTP Bojongsoang are emitted from wastewater treatment process in anaerobic pond, facultative pond and maturation pond each on Set A and Set B. Emission factor of CH₄ and CO₂ are based on IPCC standard and the value depends on type of treatment. Greenhouse gas as CO₂e emission from each stage on Set A started from anaerobic pond was about 29.18 ton/day, from facultative pond was about 4.36 ton/day and from maturation pond was about 3.42 ton/day. Greenhouse gas as CO₂e emission from each stage on Set B started from anaerobic pond was about 229.01 ton/day, from facultative pond was about 8.98 ton/day and from maturation pond was about 11.15 ton/day. Emissions of Set B was much higher than Set A due to different sampling day causing different initial concentration of COD. Initial concentration of COD on Set B was higher than on Set A. Total emissions of greenhouse gas from wastewater treatment in WWTP Bojongsoang was about 279.46 ton/day

Keywords: *greenhouse gas; wastewater treatment plant, emission, CO₂e, pond*

A B S T R A K

Potensi emisi gas rumah kaca CH₄ dan CO₂ dari pengolahan air limbah domestik di IPAL Bojongsoang dipancarkan dari proses pengolahan air limbah di kolam anaerobik, kolam fakultatif dan kolam maturasi masing-masing pada Set A dan Set B. Faktor emisi CH₄ dan CO₂ didasarkan pada standar IPCC dan nilainya tergantung pada jenis perawatan. Gas rumah kaca sebagai emisi CO₂e dari setiap tahapan pada Set A mulai dari kolam anaerobik sebesar 29,18 ton/hari, dari kolam fakultatif sebesar 4,36 ton/hari dan dari kolam maturasi sebesar 3,42 ton/hari. Gas rumah kaca sebagai emisi CO₂e dari setiap tahapan pada Set B mulai dari kolam anaerobik sebesar 229,01 ton/hari, dari kolam fakultatif sebesar 8,98 ton/hari dan dari kolam maturasi sebesar 11,15 ton/hari. Emisi Set B jauh lebih tinggi dari Set A karena hari pengambilan sampel yang berbeda menyebabkan konsentrasi awal COD yang berbeda. Konsentrasi awal COD pada Set B lebih tinggi dari pada Set A. Total emisi gas rumah kaca dari pengolahan air limbah di IPAL Bojongsoang adalah sekitar 279,46 ton/hari

Kata Kunci: gas rumah kaca; instalasi pengolahan air limbah, emisi, CO₂e, kolam

1. PENDAHULUAN

Total emisi gas rumah kaca (GRK) nasional di Indonesia pada tahun 2019 adalah sekitar 1.866.552 Gg CO₂e dan nilai ini mengalami peningkatan sebanyak 250.983 Gg CO₂e dibandingkan dengan total emisi GRK pada tahun 2010. Sektor limbah menyumbang sekitar 7,18% dari total emisi GRK

nasional, yaitu sekitar 134.119 Gg CO₂e (KLHK, 2020). Emisi GRK dari sektor limbah bersumber dari pengelolaan sampah dan pengelolaan limbah cair. Pengolahan air limbah domestik baik setempat maupun terpusat berpotensi menghasilkan emisi GRK yaitu gas metan (CH₄), dinitrogen oksida (N₂O) dan karbondioksida (CO₂). Hampir 72% dari sistem pengolahan air limbah domestik di Indonesia masih

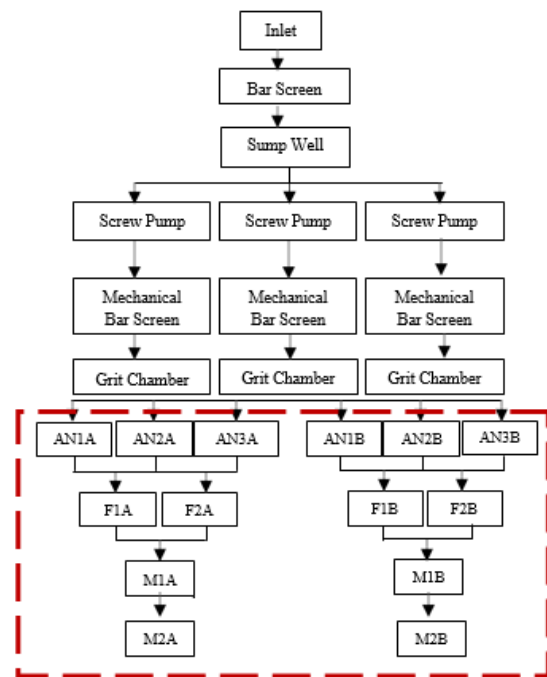
berupa pengolahan setempat seperti menggunakan tangki septik. Emisi CO₂e yang dihasilkan dari pengolahan air limbah secara setempat 70% berasal dari tangki septik dan 19% berasal dari pengolahan lumpur tinja (Pratama dkk, 2021). Kontribusi emisi GRK dari pengolahan setempat dan terpusat juga dipengaruhi oleh kapasitas pengolahan (Koutsou dkk, 2018)

Pada pengolahan air limbah domestik terpusat, terdapat dua sumber utama GRK dari pengolahan air limbah domestik yaitu emisi langsung (*direct emission*) dan emisi tidak langsung (*indirect emission*). Emisi langsung berasal dari penyaluran, pengolahan dan pembuangan air limbah kemudian emisi tidak langsung berasal dari transportasi, pemakaian listrik dan pemakaian bahan kimia dalam proses pengolahan air limbah (Parravicini dkk, 2016).

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Bojongsoang merupakan unit pengolahan air limbah domestik yang melayani sekitar 100.000 ribu rumah di Kota Bandung dan Kabupaten Bandung. Pengolahan air limbah domestik di IPAL Bojongsoang ini terdiri dari kolam anaerobik, kolam fakultatif dan kolam maturasi. Masing-masing tahapan pengolahan ini berpotensi menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK) dari proses dekomposisi yang terjadi dalam pengolahannya. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung potensi emisi GRK yang dihasilkan dari masing-masing tahapan pengolahan yang di IPAL Bojongsoang. Emisi GRK yang dihitung dalam penelitian ini hanya emisi secara langsung (*direct emission*) yaitu dari pengolahan air limbah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran potensi emisi GRK dari proses pengolahan di IPAL Bojongsoang sehingga emisi GRK dapat dimitigasi tanpa mengurangi efisiensi pengolahan.

2. METODOLOGI

Potensi emisi GRK yang dihitung pada penelitian ini dibatasi hanya berasal dari sumber emisi langsung yaitu yang dihasilkan dari proses pengolahan air limbah domestik saja. Oleh karena itu, ruang lingkup yang menjadi objek penelitian adalah unit pengolahan yang terdiri dari kolam anaerobik, kolam fakultatif dan kolam maturasi. Batasan objek penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Keterangan: AN = Anerob, F = fakultatif, M = maturase = batasan objek penelitian

Gambar 1. Diagram Alir Pengolahan dan Batasan Objek Penelitian

Perhitungan emisi GRK yang dihasilkan dari masing-masing tahapan terdiri dari perhitungan CH₄ dan CO₂. Potensi emisi gas CH₄ dihitung dengan menggunakan persamaan.

$$\text{Emisi } CH_4 = MCOD_{\text{terolah},i} \times EF_{CH_4,i} \quad (1)$$

$$\text{Emisi } CO_2 = MCOD_{\text{terolah},i} \times EF_{CO_2,i} \quad (2)$$

$$MCOD_{\text{terolah},i} = \Delta COD_i \times Q \quad (3)$$

Dimana:

$MCOD_{\text{terolah},i}$	= massa COD yang terolah pada masing-masing tahap pengolahan i (kg)
$EF_{CH_4,i}$	= faktor emisi CH ₄ pada masing-masing tahapan pengolahan (g CH ₄ /kg COD)
$EF_{CO_2,i}$	= faktor emisi CO ₂ pada masing-masing tahapan pengolahan (g CO ₂ /kg COD)
ΔCOD_i	= konsentrasi COD yang terolah (mg/L)
Q	= debit pengolahan (m ³ /hari)

Nilai faktor emisi untuk CH₄ dan CO₂ menggunakan Tier 1, yaitu masih merujuk pada IPCC (2019) yang terdiri dari faktor emisi untuk pengolahan di kolam anaerob, kolam fakultatif dan kolam maturasi. Potensi emisi GRK yang dihitung dalam penelitian ini adalah dalam satuan ton/hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengetahuan Kualitas Air Pengolahan di IPAL Bojongsoang

Pengolahan air limbah domestik di IPAL Bojongsoang terdiri dari 3 tahapan, yaitu kolam anaerobik, kolam fakultatif dan kolam maturasi. Terdapat 2 set pengolahan yaitu set A dan set B, dimana masing-

masing set terdiri dari 3 kolam anaerobik, 2 kolam fakultatif dan 2 kolam maturasi. Air limbah domestik masuk dari inlet menuju 3 kolam anaerobik, kemudian air limbah dari seluruh kolam anaerobik dibagi 2 menuju kolam fakultatif. Dari kolam fakultatif, air limbah akan masuk ke kolam maturasi 1, kemudian masuk menuju kolam maturasi 2 yang menjadi outlet pengolahan. Debit air limbah yang masuk ke IPAL Bojongsoang berdasarkan desainnya adalah sekitar 80.835 m³/hari. Detail parameter desain IPAL Bojongsoang lainnya dapat dilihat di Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Desain IPAL Bojongsoang

Parameter	Kolam Anaerobik	Kolam Fakultatif	Kolam Maturasi
Debit (m ³ /hari)	80.835	80.835	80.835
Waktu Retensi (hari)	2	5 - 7	3
Kedalaman Kolam (m)	4	2	1,5
Luas Area (Ha)	4,04	29,8	32,2

(Sumber: PDAM, 2003)

Untuk menghitung potensi gas rumah kaca dari masing-masing tahapan pengolahan di IPAL Bojongsoang, dibutuhkan data kualitas air dari masing-masing inlet dan outlet tahapan pengelolaan. Data kualitas air pengolahan di IPAL Bojongsoang bersumber dari penelitian yang dilakukan oleh Firdaus dkk (2018) yang mengukur kualitas air untuk parameter BOD, COD dan TSS pada masing-masing tahapan pengolahan. Konsentrasi awal COD pada Set B lebih tinggi dibandingkan dengan Set A. Hal ini bisa disebabkan karena adanya perbedaan waktu pengambilan sampel di hari yang berbeda sehingga menyebabkan konsentrasi COD yang masuk ke IPAL Bojongsoang juga berbeda. Data BOD dan COD dari kualitas air pengolahan di masing-masing tahapan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kualitas Air Pengolahan di IPAL Bojongsoang

Tahapan Pengolahan	BOD (mg/L)	COD (mg/L)
Inlet Set A	49	102,93
AN1A	55	104,75
AN2A	31	104,55
AN3A	76	159,66
F1A	58	108,97
F2A	65	136,52
M1A	50	105,78
M2A	25	63,95
Inlet Set B	184	293,65
AN1B	41	134,19
AN2B	59	149,95
AN3B	42	123,07
F1B	58	108,93
F2B	47	105,86

M1B	34	83,77
M2B	48	79,34

(Sumber: Firdaus dkk, 2018)

3.2. Potensi Emisi Gas Metan (CH₄) dari IPAL Bojongsoang

Nilai faktor emisi yang digunakan dalam penelitian ini untuk menghitung potensi emisi gas metana (CH₄) adalah merujuk pada IPCC (2019). Masing-masing tahapan pengolahan memiliki nilai faktor emisi masing-masing berdasarkan konsentrasi COD. Nilai faktor emisi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat di Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Faktor Emisi CH₄ pada Tahapan Pengolahan

Tahapan Pengolahan	Faktor Emisi (g CH ₄ /kg COD)
Kolam Anaerobik	200
Kolam Fakultatif	50
Kolam Maturasi	7,5

(Sumber: IPCC, 2019)

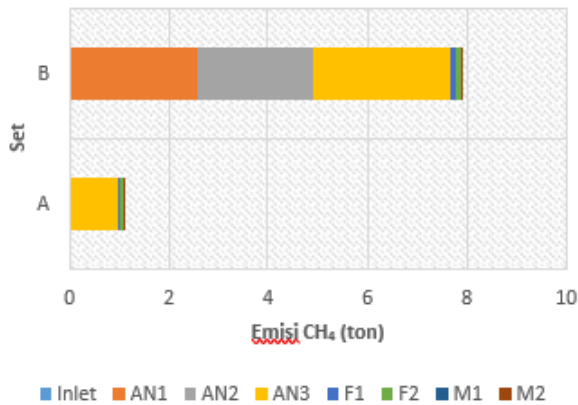
Nilai faktor emisi ini kemudian dikalikan dengan konsentrasi COD pada masing-masing tahapan pengolahan. Potensi emisi gas CH₄ dari masing-masing tahapan pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Potensi CH₄ dari Tahapan Pengolahan

Tahapan Pengolahan	COD Terolah (mg/L)	Beban COD (kg)	CH ₄ (ton/hari)
AN1A	1,82	147,12	0,029
AN2A	1,62	130,95	0,026
AN3A	56,93	4601,94	0,920
F1A	14,02	1133,04	0,057
F2A	13,53	1093,97	0,055
M1A	16,97	1371,37	0,010
M2A	58,80	4752,69	0,036
AN1B	159,46	12889,95	2,578
AN2B	143,7	11615,99	2,323
AN3B	170,58	13788,83	2,758
F1B	26,81	2166,92	0,108
F2B	29,88	2415,08	0,121
M1B	23,63	1909,73	0,014
M2B	28,06	2267,83	0,017

Proses pengolahan air limbah domestik di IPAL Bojongsoang pada Set A menghasilkan emisi sekitar 1,133 ton CH₄ atau setara dengan 31,732 ton CO₂e. Total emisi CH₄ pada Set B adalah 85% lebih besar dibandingkan dengan Set A yaitu sekitar 7,919 ton CH₄ atau setara dengan 221,743 ton CO₂e. Hal ini disebabkan karena konsentrasi COD yang masuk ke Set B lebih besar dibandingkan dengan Set A. Kemudian efektivitas pengolahan di Set B menunjukkan pengurangan konsentrasi COD yang

cukup signifikan sehingga menyebabkan emisi CH₄ dari proses dekomposisi juga lebih banyak. Grafik nilai potensi CH₄ dari masing-masing pengolahan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Potensi Emisi CH₄ pada Masing-masing Tahapan Pengolahan

3.3. Potensi Emisi Gas Karbondioksida (CO₂) dari IPAL Bojongsoang

Nilai faktor emisi CO₂ dari pengolahan air limbah di IPAL Bojongsoang merujuk pada IPCC (2019), dimana nilai emisi CO₂ dihitung berdasarkan massa COD yang terolah. Dalam penelitian ini massa COD dari lumpur yang dihasilkan tidak dihitung karena adanya keterbatasan data. Nilai faktor emisi CO₂ pada masing-masing tahapan pengolahan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Faktor Emisi CH₄ pada Tahapan Pengolahan

Tahapan Pengolahan	Faktor Emisi (g CO ₂ /kg COD terolah)
Kolam Anaerobik	380,50
Kolam Fakultatif	560,00
Kolam Maturasi	560,00

(Sumber: IPCC, 2019)

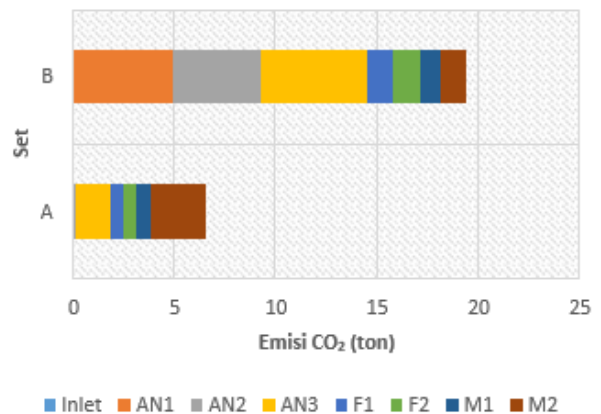
Nilai faktor emisi ini kemudian dikalikan dengan massa COD terolah pada masing-masing tahapan pengolahan. Massa COD terolah dihitung dari selisih COD yang masuk dan COD yang keluar. Potensi emisi CO₂ dari masing-masing tahapan pengolahan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Potensi CO₂ dari Tahapan Pengolahan

Tahapan Pengolahan	COD Terolah (mg/L)	Beban COD (kg)	CO ₂ (ton)
AN1A	1,82	147,12	0,056
AN2A	1,62	130,95	0,050
AN3A	56,93	4601,94	1,749
F1A	14,02	1133,04	0,635
F2A	13,53	1093,97	0,613
M1A	16,965	1371,37	0,768
M2A	58,795	4752,69	2,662

AN1B	159,46	12889,95	4,898
AN2B	143,70	11615,99	4,414
AN3B	170,58	13788,83	5,240
F1B	26,81	2166,92	1,213
F2B	29,88	2415,08	1,352
M1B	23,63	1909,73	1,069
M2B	28,06	2267,83	1,270

Proses pengolahan air limbah domestik di IPAL Bojongsoang pada Set A menghasilkan emisi CO₂ sekitar 2,662 ton dan total emisi pada Set B adalah sekitar 1,270 ton. Grafik nilai potensi CO₂ dari masing-masing pengolahan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Potensi Emisi CO₂ pada Masing-masing Tahapan Pengolahan

3.4. Potensi Total Emisi Gas Rumah Kaca sebagai CO₂e dari IPAL Bojongsoang

Emisi gas rumah kaca dinyatakan dalam jumlah emisi CO₂e, dimana masing-masing jenis gas rumah kaca memiliki angka Global Warming Potential (GWP) untuk menunjukkan potensi pemanasan global yang dihasilkan. Nilai GWP untuk gas CH₄ adalah 28 dan untuk gas CO₂ adalah 1. Total emisi CO₂e yang dihasilkan dari pengolahan air limbah di Set A adalah sekitar 38,263 ton dan di Set B adalah sekitar 241.200 ton. Nilai emisi CO₂e dari masing-masing tahapan pengolahan di IPAL Bojongsoang dapat dilihat pada Tabel 7.

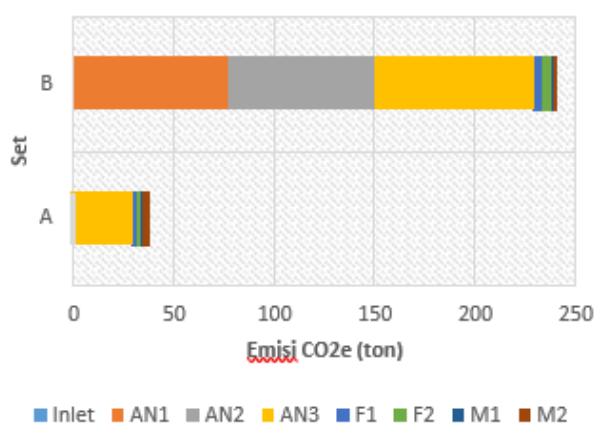
Tabel 7. Potensi Total CO₂e dari Tahapan Pengolahan

Tahapan Pengolahan	CH ₄ (ton/hari)	CO ₂ (ton/hari)	CO ₂ e (ton/hari)	Total
AN1A	0,029	0,056	0,880	
AN2A	0,026	0,050	0,783	
AN3A	0,920	1,749	27,520	
F1A	0,057	0,635	2,221	38,263
F2A	0,055	0,613	2,144	
M1A	0,010	0,768	1,056	

M2A	0,036	2,662	3,660	
AN1B	2,578	4,898	77,082	
AN2B	2,323	4,414	69,464	
AN3B	2,758	5,240	82,457	
F1B	0,108	1,213	4,247	241,200
F2B	0,121	1,352	4,734	
M1B	0,014	1,069	1,470	
M2B	0,017	1,270	1,746	
TOTAL			279,463	

Emisi CO₂e terbesar berasal dari kolam anaerobik 2 pada Set B yaitu sekitar 82.457ton karena kolam anaerob 3 Set B ini terdapat cukup banyak konsentrasi COD yang tersisihkan. Hal ini diakibatkan karena data pengujian kualitas air limbah di masing- masing set pengolahan dilakukan pada hari yang berbeda sehingga menyebabkan perbedaan konsentrasi COD yang masuk ke IPAL Bojongoang.

Kolam anaerobik menghasilkan lebih banyak gas metan dibandingkan dengan kolam fakultatif dan kolam maturasi. Kondisi anaerobik menyebabkan jumlah gas metana yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan kondisi aerob. Bahi dkk (2020) juga menyebutkan bahwa 66% dari total emisi GRK dari pengolahan air limbah domestik di Maroko berasal dari kolam anaerobik. Grafik emisi CO₂e dari masing-masing tahapan pengolahan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Potensi Emisi CO₂e pada Masing-masing Tahapan Pengolahan

Penelitian ini tidak memperhitungkan energi listrik yang digunakan dalam pengolahan air limbah domestik hingga emisi GRK hanya berasal dari proses pengolahan saja. Penelitian yang dilakukan oleh Keller dan Hartley (2003) menunjukkan proses pengolahan air limbah secara aerobik secara signifikan menambah jumlah emisi CO₂ yang berasal dari energi listrik yang digunakan untuk proses aerob. Proses pengolahan air limbah secara anaerob lebih

direkomendasikan dibandingkan dengan *full-aerob* jika disertai dengan upaya pemanfaatan gas metan yang dihasilkan (Cakir & Stenstrom, 2005).

4. KESIMPULAN

Masing-masing tahapan pengolahan di IPAL Bojongoang menghasilkan emisi gas rumah kaca (GRK). Emisi CH₄ pada kolam anaerobik lebih besar dibandingkan dengan emisi CH₄ yang dihasilkan dari kolam fakultatif dan kolam maturasi. Total emisi CO₂e dari masing-masing unit pengolahan pada Set A dari kolam anaerobik adalah sekitar 29,182 ton/hari, dari kolam fakultatif adalah sekitar 4,365 ton/hari dan dari kolam maturasi adalah sekitar 7,932 ton/hari. Sementara emisi CO₂e pada Set B dari kolam anaerobik adalah sekitar 229,003 ton/hari, dari kolam fakultatif adalah sekitar 8,981 ton/hari dan dari kolam maturasi adalah sekitar 11,149 ton/hari. Pengolahan air limbah secara anaerobik berpotensi menghasilkan gas GRK lebih besar dibandingkan dengan proses aerob. Namun dalam penelitian ini kebutuhan listrik untuk proses pengolahan aerob tidak ikut dihitung. Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar sumber emisi tidak langsung seperti transportasi dan pemakaian listrik ikut dihitung untuk mendapatkan gambaran emisi GRK dari IPAL Bojongoang secara lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahi, Yassine., Akhssas, Ahmed., Khamar, Mohamed., Bahi, Lahcen., & Souidi, Hanne (2020). Estimation of Greenhouse Gas (GHG) Emissions from Natural Lagoon Wastewater Treatment Plant:Case of Ain Taoujdate-Morocco.Web of Conferences, 150,01012 https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/10/e3sconf_ed7202001012.pdf
- Cakir, F.Y & Stenstrom, M.K (2005). Greenhouse Gas Production: A Comparison Between Aerobic and Anaerobic Wastewater Treatment Technology. Water Research Vol. 39, No.17, pp 4197-4203. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.07.042>
- Firdaus, Muhammad Ihsan., Saptomo, Satyanto Krido & Febrita, Joana (2018). Evaluasi Kinerja Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah Bojongoang, Bandung. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 03(1), 35–47.
- Intergovernmental Panel On Climate Change (2019) Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for

National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 6. Wastewater Treatment and Discharge.

- Keller, J & Hartley, K. (2003). Greenhouse Gas Production in Wastewater Treatment: Process Selection is the Major Factor, *Water Science and Technology*, Vol.47, No.12, pp 43-48.
https://www.oieau.org/eaudoc/system/files/documents/37/18925_7/189257_doc.pdf
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2021. *Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca dan Monitoring, Pelaporan dan Verifikasi (MPV)*. Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim. Jakarta
- Koutsou, Olga P., Gatidou, Georgia., Stasinakis, Sthanasios S (2018) Domestic Wastewater Management in Greece: Greenhouse Gas Emissions Estimation at Country Scale. *Journal of Cleaner Production* Vol. 188, No 1, pp 851-850.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.039>
- Parravicini, Vaness., Svardal, Karl & Krampe, Jorg (2016). Greenhouse Gas Emissions from Wastewater Treatment Plants. *Energy Procedia* pp 246-253
- Pratama, M.A., Amrina, U & Kristanto, G.A (2021). Estimation of Greenhouse Gases from Sewage from On-site Sewage Management System. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 724.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/724/1/012031/pdf>