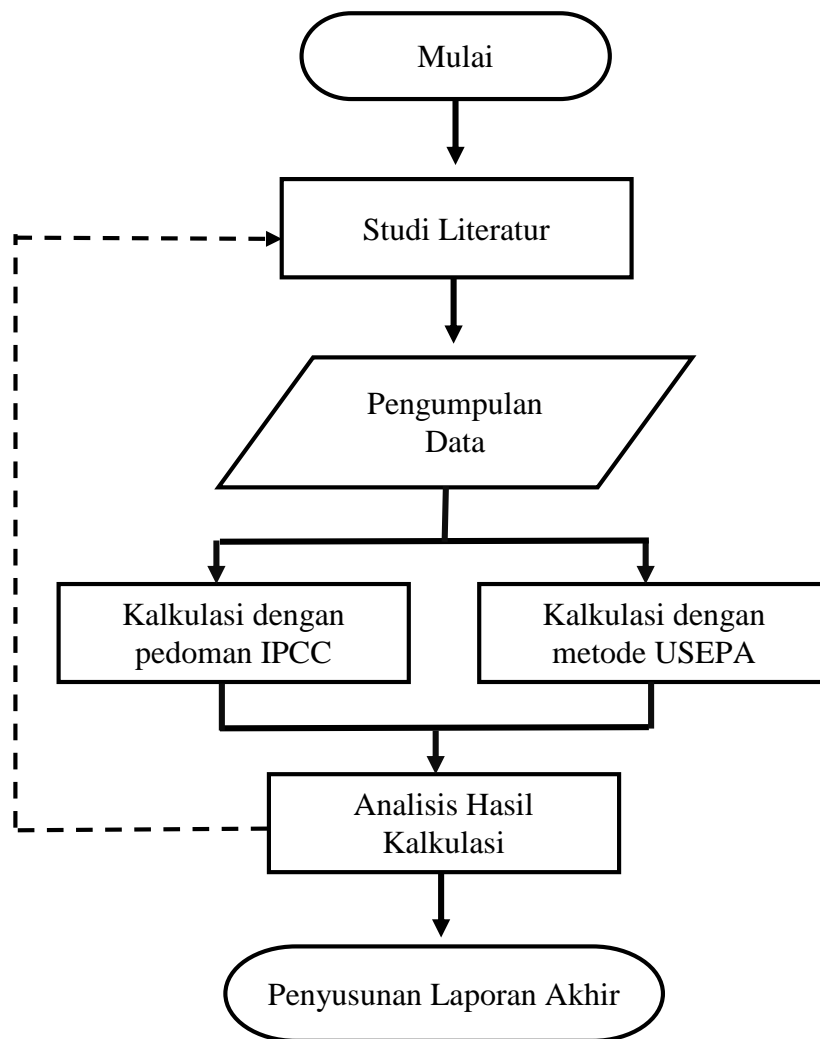


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alur Tugas Akhir

Penelitian ini akan mengikuti tahap pelaksanaan seperti berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir

3.2 Lokasi Penelitian

Objek estimasi adalah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Sewon Bantul, IPAL ini terletak di Desa Pendowoharjo, Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

3.3 Sumber Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Balai Pengelolaan Infrastruktur Sanitasi dan Air Minum Perkotaan (PISAMP) DIY selaku pengelola IPAL Sewon. Serta data default yang bersumber dari kedua dokumen estimasi yang digunakan

3.4 Metode Analisis Data

Data yang digunakan untuk perhitungan bersumber dari IPAL Sewon. Untuk metode perhitungan dan ketentuan yang terkait dengan kondisi lapangan mengacu kepada pedoman yang diterbitkan oleh IPCC, yaitu: *IPCC Guidelines Volume 5 Chapter 6: Wastewater* dan metode dari US EPA: *Methodologies for U.S. Greenhouse Gas Emissions Projections: Non-CO₂ and Non-Energy CO₂ Sources*.

Metode IPCC yang diterbitkan pada tahun 2006, metodenya lebih bersifat umum. Estimasi emisi yang dihasilkan lebih kepada emisi dari keseluruhan sistem pengolahan air limbah. Dokumen yang dikeluarkan oleh IPCC untuk sumber emisi dari sektor air limbah hanya mencantumkan metode untuk mengestimasi emisi CH₄ dan N₂O.

Metode dari US EPA sendiri tidak berbeda jauh dengan metode dari IPCC, dikarenakan metode ini sendiri merupakan penerapan dari metode IPCC untuk keperluan US EPA dalam mengestimasi emisi gas rumah kaca di Amerika Serikat. Sama halnya dengan *IPCC Guideline* emisi yang menjadi fokus pada metode ini juga gas CH₄ dan N₂O

3.5 Metode IPCC 2006

3.5.1 Pengumpulan Data

Metode dari IPCC memerlukan data sebagai berikut:

- Beban BOD yang masuk ke IPAL.
- Jumlah orang/unit rumah yang dilayani.
- Volume dan/atau debit air limbah yang masuk.

- Data pembagian pelanggan berdasarkan penghasilan, yang dibagi atas berpenghasilan tinggi dan rendah.
- Data pembagian pelanggan berdasarkan tipikal kawasan tempat tinggalnya.

3.5.2 Emisi CH₄

Penentuan emisi CH₄

Berikut rumus yang umum digunakan untuk mengestimasi emisi CH₄ dari air limbah domestik.

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

Dimana:

Emisi CH₄ = jumlah emisi CH₄ pada tahun inventarisasi (kg CH₄ /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_i = fraksi populasi di pengelompokan penghasilan pada tahun inventarisasi

T_{i,j} = tingkat penggunaan pengolahan/saluran pembuangan atau sistem, untuk setiap kelompok peng-hasilan pada tahun inventarisasi

EF_j = faktor emisi (kg CH₄/kg BOD)

R = jumlah emisi CH₄ yang ter-*recovery* pada tahun inventarisasi (kg CH₄/tahun).

Perlu diketahui dalam penentuan nilai U_i dan T_{i,j} diperlukan data fraksi populasi terhadap tingkat penghasilan dan tipikal areal yang menjadi sumber air limbah. Tipikal yang dimaksud disini adalah apakah area tersebut termasuk area rural atau urban penghasilan tinggi dan rendah dipisah.

Dokumen pedoman IPCC 2006 memiliki data perihal ini untuk Indonesia (lihat lampiran 1).

Penentuan faktor emisi CH₄

Hal pertama yang perlu diketahui adalah nilai faktor emisi dari CH₄ berikut rumusnya:

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

Dimana:

EF_j : faktor emisi (kg CH₄ /kg BOD)

B_o : kapasitas maksimal produksi CH₄ (kg CH₄ /kg BOD)

MCF_j : faktor koreksi methana.

Nilai B_o pada dasarnya berbeda-beda di setiap negara. Berhubung Indonesia belum memiliki data untuk bagian ini maka digunakan nilai yang sudah ditentukan oleh IPPC yaitu 0,6 kg CH₄ /kg BOD.

Nilai koreksi metana bergantung kepada bagaimana air limbah tersebut diperlakukan dan sistem yang digunakan, berikut tabel nilai koreksi metana.

Tabel 3.1 Nilai Koreksi Methana

Tipe Pengolahan	Keterangan	Rekomendasi Nilai MCF	Kisaran Nilai MCF
Pengolahan aerobik terpusat	Harus dikelola dengan baik. Pada kolam pengendapan terdapat kemungkinan dilepaskannya CH ₄ dalam jumlah kecil	0	0 - 0.1
Pengolahan aerobik terpusat	Tidak dikelola dengan baik. Kapasitas berlebih	0.3	0.2 – 0.4
Digester anaerobik untuk lumpur	Penangkapan kembali CH ₄ tidak dipertimbangkan	0.8	0.8 – 1.0
Reaktor anaerobik	Penangkapan kembali CH ₄ tidak dipertimbangkan	0.8	0.8 – 1.0
Kolam anaerobik (dangkal)	Kedalaman kurang dari 2 meter, minta pendapat ahli	0.2	0 – 0.3
Kolam anaerobik (dalam)	Kedalaman lebih dari 2 meter	0.8	0.8 – 1.0

Sumber: IPCC 2006

Penentuan Total Organik Terdegradasi

Data yang diperlukan pada bagian ini adalah jumlah total materi/bahan yang dapat didegradasi secara organik yang terdapat di air limbah. Parameternya adalah jumlah penduduk dan jumlah BOD yang dihasilkan perorangnya. Berikut rumusnya:

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

Dimana:

TOW = Total organik di 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

3.5.3 Emisi N₂O

Penentuan emisi N₂O pada IPAL Terpusat

Pada panduan IPCC perhitungan untuk emisi N₂O terdapat dua metode yang dapat digunakan, yaitu emisi N₂O dari influent air limbah dan emis N₂O dari air limbah yang diolah pada IPAL dengan teknologi *advance*. Tidak disebutkan pada pedoman IPCC mengenai kriteria teknologi yang termasuk *advance* ini seperti apa. Berdasarkan pertimbangan dengan Dosen, teknologi pengolahan air limbah yang dilakukan di IPAL Sewon termasuk teknologi konvensional. Disebutkan juga bahwa teknologi pengolahan dengan menggunakan kolam fakultatif aerobik dan maturasi yang digunakan di IPAL Sewon tidak termasuk teknologi *advance*. Berdasarkan informasi tersebut maka metode yang digunakan adalah metode untuk emisi N₂O dari influent air limbah. Dengan asumsi bahwa semua air limbah yang masuk kedalam sistem perpipaan sampai ke instalasi dan diolah.

Berikut rumusnya:

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

Emisi N₂O = jumlah emisi N₂O pada tahun inventori, dinyatakan dalam kg N₂O/tahun.

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

E_{EFFLUENT} = faktor emisi N₂O, dinyatakan dalam kg N₂O-N/kg N. Nilai ini menggunakan default dari IPCC yaitu 0.005 N₂O-N/kg N.

Faktor konversi untuk kg N₂O-N menjadi kg N₂O adalah 44/28

Data aktivitas yang diperlukan untuk mengestimasi emis N₂O adalah jumlah nitrogen yang terdapat di dalam air limbah jumlah polulasi yang terlayani (pelanggan IPAL) dan rata-rata protein perkapita yang dihasilkan perorangnya dalam waktu satu tahun. Berikut rumusnya

Penentuan nilai N_{EFFLUENT}

Berikut rumusnya:

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

Dimana:

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

P = populasi penduduk (jiwa)

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

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

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

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

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

Saat jumlah emisi dari IPAL di masukkan kedalam emisi N_2O , maka jumlah nitrogen yang terkait dengan emisi ini (N_{WWT}) harus di kalkulasikan kembali dan dikurangi dari $N_{EFFLUENT}$. **Nilai N_{WWT}** bisa di kalkulasikan dengan mengalikan N_2O_{PLANTS} dengan **22/48**, menggunakan berat molekul

3.5.4 Perhitungan Emisi CO₂ Equivalent

Jenis emisi GRK sendiri ada beberapa macam tergantung jenis sumbernya. Pada sumber air limbah sumber emisi yang diamati adalah gas CH_4 dan N_2O . Setiap jenis gas memiliki tingkat potensi terhadap pemanasan global (GWP) yang berbeda, dimana gas N_2O memiliki nilai GWP yang lebih besar jika dibanding dengan CH_4 . Untuk mengetahui kesetaraan nilai potensi ari setiap gas maka nilai gas ini akan di ekuivalenkan nilai potensinya dalam *CO₂ Equivalent*.

Berikut tabel potensi pemanasan global (GWP) yang dikeluarkan oleh IPCC 2006.

Tabel 3.2 Nilai Potensi Pemanasan Global (GWP) oleh IPCC 2006

Emisi	Rumus Kimia	Potensi Pemanasan Global
Karbon Dioksida	CO_2	1
Metana	CH_4	25
Nitrogen Oksida	N_2O	298

(sumber: IPCC 2006)

Tabel 3.2 menunjukkan potensi pemansan global untuk GRK yang terdapat pada metode US EPA, nilai tersebut diperlukan untuk mengkonversi emisi CH_4 dan N_2O menjadi CO_2 . Berikut rumusnya

$$CO_{2e} = GHG_i \times GWP_i \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana:

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

GHG_i = jumlah emisi tiap jenis GRK, ton/tahun

GWP_i = GWP dari jenis GRK yang dihitung, lihat **Tabel 3.3**

3.6 Metode US EPA

3.6.1 Pengumpulan Data

Metode dari IPCC memerlukan data sebagai berikut:

- Jumlah BOD air limbah dalam waktu satu tahun
- Fraksi jumlah air limbah terolah yang masuk ke instalasi
- Fraksi pengurangan BOD pada unit pengolahan
- Jumlah populasi yang dilayani oleh IPAL

3.6.2 Emisi CH₄

Berikut rumus yang umum digunakan untuk mengestimasi emisi CH₄ dari air limbah domestik.

$$\text{Emisi CH}_4 = \text{BOD}_{\text{tot,y}} \times (\text{WW}_{\text{j,y}} \times (1 - \%R_{\text{j,y}}) \times \text{EF}_j) \dots\dots\dots (3.7)$$

Dimana:

Emisi CH₄ = Emisi tahunan (Gg)

$BOD_{\text{tot,y}}$ = Total BOD yang dihasilkan pertahun (kg)

$WW_{\text{j,y}}$ = fraksi air limbah masuk yang terolah

$\%R_{\text{j,y}}$ = persentasi BOD yang terdegradasi

EF_j = faktor emisi CH₄

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

$$\text{BOD}_{\text{tot,y}} = P \times \text{BOD} \times 365.25 \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana:

- P = populasi (jiwa)
- BOD = BOD percapita (kg/orang/hari)
- 365.25 = jumlah hari dalam waktu satu tahun

3.6.3 Emisi N₂O

Sama halnya dengan pedoman IPCC metode dari US EPA untuk emisi N₂O juga ada dua, dengan pembagian yang sama. Dengan alasan yang sama maka metode yang digunakan adalah metode untuk emisi N₂O dari influent air limbah yang masuk ke dalam sistem perpipaan IPAL. Dengan asumsi bahwa tidak terjadi kebocoran pada pipa penyalur dan seluruh influent air limbah sampai ke lokasi instalasi.

$$N_2O_{eff,y} = \{ [((P \times F_{tp,y}) - (0.9 \times POP_{dn,y})) \times Protein \times F_{NPR} \times F_{NON-COM} \times F_{NON-COM} - N_{SLUDGE}] \times E_{EFFLUENT} \times (44/28) \} \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana:

Emisi N₂O = total emisi tahunan N₂O dari air limbah (Gg)

- P = Populasi (jiwa)
- F_{tp,y} = fraksi populasi yang menggunakan pengolahan air limbah
- 0.9 = fraksi nitrogen yang dihilangkan oleh sistem denitrifikasi
- POP_{dn,y} = fraksi populasi yang dilayani oleh denitrifikasi
- Protein = konsumsi protein tahunan per capita
- F_{NPR} = fraksi nitrogen di dalam protein (kg N/kg protein)
- F_{NON-COM} = faktor protein non-konsumsi
- F_{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)
- E_{EFFLUENT} = faktor emisi dari effluent air limbah (kg N₂O-N/kg *sewage-N produced*)
- 44/28 = rasio berat molekul N₂O dengan N₂

3.6.4 Perhitungan Emisi CO₂ Equivalent

Pada dokumen *Methodologies fo U.S. Greenhouse Gas Emissions Projections: Non-CO₂ and Non-Energy CO₂ Sources (2013)* tidak terdapat bagian yang menyatakan perbandingan nilai potensi Pemanasan Global untuk tiap jenis emisi. Mengingat metode US EPA merupakan penerapan dari IPCC *Guidelines* maka nilai untuk GWP pada metode ini menggunakan nilai yang sama di pedoman IPCC.

Tabel 3.2 menunjukkan potensi pemansan global untuk GRK yang terdapat pada metode US EPA, nilai tersebut diperlukan untuk mengkonversi emisi CH₄ dan N₂O menjadi CO₂. Berikut rumusnya

$$\text{CO}_{2e} = \text{GHG}_i \times \text{GWP}_i \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana:

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

GHG_i = jumlah emisi tiap jenis GRK, ton/tahun

GWP_i = GWP dari jenis GRK yang dihitung, lihat **Tabel 3.4**