

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Dasar Hukum**

Indonesia telah terlibat dalam usaha menahan laju pemanasan global sejak tahun 1994, ketika Pemerintah Indonesia saat itu meratifikasi *United Nation Framework Convention on Climate Change*. Ratifikasi ditindak lanjuti dengan terbitnya UU Nomor 16 tahun 1994 tentang pengesahan resolusi tersebut. Keterlibatan Indonesia dilanjutkan dengan diratifikasinya Protokol Kyoto dan terbitnya UU Nomor 17 tahun 2004 tentang Pengesahan *Kyoto Protocol to The United nation Framework Convention on Climate Change*.

Peraturan Presiden No. 61 tahun 2011 menyatakan Rencana Aksi Nasional (RAN) Gas Rumah Kaca (GRK) merupakan pedoman pelaksanaan, perencanaan, monitoring serta evaluasi, aksi/kegiatan yang terkait dengan usaha penurunan GRK, yang mana akan dilaksanakan baik oleh pemerintah pusat, pemerintah daerah dan masyarakat. Peraturan ini diikuti dengan terbitnya Peppres No. 71 tahun 2011 yang menjadi dasar hukum pelaksanaan inventarisasi GRK. Peraturan ini menjelaskan bidang-bidang apa saja yang menjadi sumber emisi dan penyimpanan karbon, senyawa-senyawa GRK apa saja yang perlu di inventarisasi, serta sistematika dari pelaksanaan inventarisasi GRK ini.

#### **2.2 Gas Rumah Kaca dan Efek Rumah Kaca**

Gas rumah kaca (GRK) merupakan sebutan yang merujuk kepada senyawa-senyawa gas yang menimbulkan efek rumah kaca. Senyawa ini umumnya terbentuk secara alamiah sebagai bagian dari siklus bumi. Uap air (H<sub>2</sub>O) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan contoh paling sederhana dari gas rumah kaca yang terbentuk secara alami. Selain kedua tersebut, sulfur dioksida (CH<sub>4</sub>), dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) adalah contoh lain emisi GRK.

Akumulasi GRK ini di atmosfer menimbulkan reaksi fisika-kimia yang dikenal dengan nama efek rumah kaca. Disebut demikian karena akumulasi gas-gas ini akan membentuk lapisan di atmosfer yang memiliki efek layaknya rumah kaca. BMKG (2013) menyebutkan proses terjadinya efek rumah kaca terjadi saat energi radiasi matahari yang diterima oleh bumi, separuh dari radiasi ini akan di pantulkan kembali ke ruang angkasa dan sisanya diteruskan ke muka bumi. Permukaan bumi akan memantulkan pancaran radiasi ini kembali ke ruang angkasa, di mana lapisan GRK yang ada di atmosfer akan menaham radiasi ini, selanjutnya memantulkannya kembali ke muka bumi, dan hanya sebagian kecil dari pancaran energi tersebut yang dilepas ke ruang angkasa. Siklus inilah yang disebut dengan efek rumah kaca. Dalam kondisi alami lapisan GRK di atmosfer akan memiliki ketebalan/konsentrasi yang ideal untuk mempertahankan suhu rata-rata bumi yang cocok untuk mahluk hidup

BMKG (2013) juga menyatakan pada skala mikro proses penyerapan frekuensi dari radiasi matahari yang bersesuaian dengan frekuensi eksitasi antar atom pada molekul GRK seperti  $\text{CO}_2$ , dimana ikatan antar atom mengalami reksitasi (bergetar) akibat menyerap energi radiasi yang terpapar. Reaksi inilah yang menahan radiasi matahari dan reaksi yang sama juga terjadi pada senyawa GRK yang lain. Semakin banyak jumlah GRK di atmosfer maka semakin kuat daya serap dan pantul atmosfer meskipun jumlah pancaran energi radiasi yang masuk ke atmosfer relatif konstan.

Keberadaan GRK di atmosfer yang awalnya berfungsi untuk menjaga suhu rata-rata bumi, menjadi sumber masalah. Usia GRK di atmosfer umumnya cukup lama dan untuk beberapa senyawa bisa mencapai ratusan tahun. Dalam kondisi normal, siklus antara jumlah buangan dan penyerapan dari GRK relatif sama. Hanya saja saat ini jumlah GRK yang dihasilkan melebihi jumlah yang bisa terserap dalam siklus alami.

Dengan waktu tinggal di atmosfer yang lama dan akumulasi GRK yang terjadi terus menerus di atmosfer memicu selimut yang menjaga bumi tetap hangat juga menebal dan menahan lebih banyak energi radiasi matahari. Hal

ini berefek pada naiknya suhu rata-rata bumi. Fenomena ini kita kenal dengan nama pemanasan global.

### 2.3 Metode Inventarisasi GRK

Pedoman paling pertama yang digunakan untuk menyusun inventarisasi GRK ialah *Revised 1996 Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Selain itu, pedoman lainnya adalah *IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories* yang diterima IPCC tahun 2000 dan *the Good Practice Guidance on Land Use, Land-Use Change and Forestry (GPG for LULUCF)* yang diterima IPCC tahun 2003 (KemenLH, 2012). Pedoman terakhir yang dikeluarkan oleh IPCC dan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.

*Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* sendiri adalah badan kerjasama internasional yang terdiri dari berbagai negara, yang berfokus terhadap permasalahan perubahan iklim. Salah satu peran IPCC adalah menyusun pedoman yang digunakan dalam melakukan estimasi emisi GRK untuk setiap negara. Hasil estimasi ini nantinya akan menjadi acuan untuk tiap pemerintah dan negara dalam usaha menurunkan jumlah emisi gas rumah kacanya..

Pedoman IPCC 2006 menyediakan metodologi yang dapat digunakan untuk mengestimasi emisi gas rumah kaca, terdiri dari lima jilid. Jilid pertama menggambarkan langkah dasar dalam perkembangan inventaris dan petunjuk umum mengenai emisi gas rumah kaca berdasarkan pengalaman dari tahun 1980, jilid dua sampai lima merupakan metode untuk melakukan estimasi dari berbagai sektor, sektor air limbah juga termasuk di dalamnya. Pedoman IPCC 2006 menyediakan petunjuk dalam metodologi estimasi emisi dalam tiga tingkat ketelitian berdasarkan ketersediaan data, dari tingkat satu (*tier 1*), metode *default*, sampai tingkat tiga (*tier 3*), metode terperinci (IPCC, 2006).

Berikut tiga tingkatan metode berdasarkan ketersediaan data dalam penentuan emisi.

- Metode Tingkat 1, metode ini menggunakan nilai standar untuk faktor emisi dan parameter aktivitas. Metode ini cocok digunakan untuk negara dengan keterbatasan data.
- Metode Tingkat 2, metode ini tipikal dengan metode tingkat 1, tapi menggunakan faktor emisi dan data aktivitas yang spesifik dengan negara yang bersangkutan.
- Metode Tingkat 3, metode ini digunakan untuk negara dengan data yang baik dan metodologi yang lebih maju. Metode yang lebih maju lagi dapat berbasis pada data spesifik untuk setiap instalasi (IPCC. 2006)

Metode lain yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *Methodologies fo U.S. Greenhouse Gas Emissions Projections: Non-CO<sub>2</sub> and Non-Energy CO<sub>2</sub> Sources* merupakan dokumen yang berisikan mengenai metodologi yang digunakan oleh US EPA dalam melakukan estimasi emisi GRK, dari sumber non-pembakaran yang menghasilkan CO<sub>2</sub>. Emisi dari air limbah dan pengolahan air limbah juga termasuk kedalam kategori sumber non-CO<sub>2</sub>. Metode ini merupakan pengembangan dari Pedoman IPCC oleh USEPA. Pengembangan metode oleh USEPA di dasari oleh rekomendasi IPCC agar setiap negara/institusi untuk mengembangkan metodenya sendiri atau menerapkan metode dari IPCC.

#### **2.4 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)**

Setiap penggunaan air akan selalu menghasilkan limbah, tidak jarang air yang digunakan sebagian besar menjadi air limbah. Saat ini kebanyakan air limbah dibuang begitu saja ke badan air atau ke tanah. Kebiasaan ini akan menimbulkan banyak masalah kesehatan, mengingat banyaknya penyakit yang berperantara air. Permasalahan ini memunculkan pertanyaan mengenai pengolahan seperti apa yang bisa membuat air limbah ini aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Untuk menjawab pertanyaan tersebut

diperlukan analisis mendalam terhadap kebutuhan dan kondisi kawasan di mana air limbah tersebut bersumber, penerapan ilmu pengetahuan, pertimbangan teknik yang berdasarkan pada pengalaman di masa lalu, serta konsiderasi terhadap peraturan yang telah ada (Metcalf & Eddy, 2004).

Metode pengolahan yang dominan pada pengaplikasian *physical forces* disebut sebagai satuan operasi. Metode pengolahan yang menggunakan reaksi kimia dan biologis disebut satuan proses. Satuan operasi dan satuan proses, dikelompokkan untuk menyediakan berbagai tingkat pengolahan yang dikenal dengan pengolahan awal, primer, primer lanjutan, sekunder (dengan atau tanpa penghilangan nutrien), dan pengolahan primer (Metcalf & Eddy, 2004).

## **2.5 Emisi GRK IPAL**

Instansi 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. Dengan pernyataan tersebut maka emisi CO<sub>2</sub> dari aktivitas pengolahan air limbah tidak dianggap sebagai emisi GRK.

Proses pengolahan air limbah umumnya berbasis biologis dengan menggunakan mikrobiologis sebagai medianya. Secara umum metode yang digunakan dibedakan antara metode aerobik dan anaerobik. Kedua metode ini dibedakan berdasarkan ada tidaknya oksigen yang digunakan oleh mikroorganisme dalam memproses bahan organik yang terdapat di dalam air. Pemilihan antara kedua sistem di atas, berpengaruh terhadap besaran emisi CH<sub>4</sub> yang dapat dihasilkan

Kandungan amoniak atau senyawa nitrogen yang terdapat pada air limbah umumnya melebihi batas yang direkomendasikan, hal ini dapat menurunkan kualitas badan air. Untuk mengurangi/menghilangkan

kandungan amoniak dan senyawa nitrogen yang terdapat pada air limbah, diperlukan proses nitrifikasi dan denitrifikasi dalam proses pengolahan air limbah yang mana salah satu produk sampingnya adalah emisi  $N_2O$ . (Parravicini, 2016).

### 2.5.1 Methana ( $CH_4$ )

Berdasarkan Synthesis Report Climate Change 2007 yang dirilis oleh IPCC pada tahun 2008 menunjukkan gas  $CH_4$  menyumbang setidaknya 14.3% emisi GRK. Pada laporan lain yang dirilis oleh EPA yaitu, *Global Anthropogenic Non-CO<sub>2</sub> Emission* (2012) menyatakan setidaknya terjadi peningkatan sebanyak 150% konsentrasi emisi  $CH_4$  di atmosfer dalam kurun 1750-2010. Diperkirakan angka-angka ini akan terus meningkat setiap tahunnya.

Air limbah yang dikelola dalam kondisi anaerobik akan mengeluarkan  $CH_4$ . Materi organik yang terdapat di air limbah akan menghasilkan cukup banyak  $CH_4$  jika didegradasi dengan menggunakan metode anaerobik.  $CH_4$  umumnya dihasilkan dari dua proses berikut: 1) Kondisi anaerobik bisa terbentuk pada alur pengolahan (terutama bila menggunakan pengolahan biologis tanpa aerator, pengolahan dengan sistem fakultatif, proses defosporisasi, dan proses enitrifikasi). Bahan organik yang terkandung di dalam air limbah akan didegradasi oleh bakteri dan  $CH_4$  akan terbentuk dan dilepas ke atmosfer. 2) Beberapa penyalur air limbah yang terekspose dengan udara lepas, dapat melepaskan  $CH_4$  langsung ke atmosfer. Sebuah penelitian menunjukkan jumlah pelepasan  $CH_4$  bergantung kepada jumlah bahan organik di air limbah, temperatur, dan tipe sistem pengolahan air limbah. Bila suhu udara di bawah  $15^\circ C$  produksi  $CH_4$  akan menurun, dan sebaliknya bila suhu di atas  $15^\circ C$  produksi  $CH_4$  akan naik (Zhan-Yun, dkk.2015).

Emisi  $CH_4$  dihasilkan oleh proses konversi asam organik berantai pendek menjadi acetat,  $H_2$ , dan  $CO_2$  oleh mikroorganisme, proses ini dikenal dengan nama acetogenesis. Fase berikutnya, bakteri anaerobik memproses  $H_2$ , dan  $CO_2$  menjadi  $CH_4$ , proses ini disebut methanogenesis (US EPA, 2011)

### 2.5.2 Nitrogen Oksida (N<sub>2</sub>O)

Nitrogen oksida merupakan salah satu dari gas rumah kaca, setidaknya 7.9% gas rumah kaca yang ada saat ini adalah N<sub>2</sub>O dan jumlahnya terus meningkat. N<sub>2</sub>O juga diperkirakan sebagai GRK yang paling berpengaruh terhadap penipisan lapisan ozon di abad ini terutama setelah pelarangan penggunaan CFC. Setidaknya sejak pertengahan abad ke 18 konsentrasi N<sub>2</sub>O di atmosfer bertambah ±16%, yaitu sekitar 270 ppb menjadi 319 ppb pada tahun 2005 (IPCC, 2008).

Aktivitas manusia telah bertanggung jawab terhadap peningkatan sebesar 40-50% emisi N<sub>2</sub>O dari tingkat emisi yang ada pada zaman pra-revolusi industri. Dengan sektor pertanian merupakan kontributor utama emisi N<sub>2</sub>O, yaitu sekitar 80% dari total emisi. Sumber lain dari emisi adalah penggunaan bahan bakar fosil, produksi asam adipat dan asam nitrit serta pengelolaan limbah (Law, 2012).

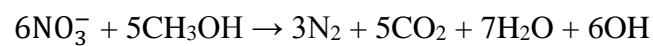
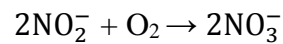
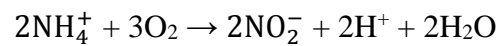
Dalam laporan EPA yang dikutip oleh Law (2012) menunjukkan sektor air limbah setidaknya menyumbang 3% emisi N<sub>2</sub>O, sekaligus menjadikannya sebagai kontributor terbesar ketiga. Laporan IPCC (2008) menyatakan emisi N<sub>2</sub>O menyumbang sedikitnya 2.8% emisi N<sub>2</sub>O dari sumber antropogenik. Pada laporan *Global Anthropogenic Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gas Emissions 1990–2030* yang diterbitkan oleh EPA pada tahun 2012 memperkirakan dalam kurun 2005-2030 akan terjadi peningkatan sebesar 22% emisi N<sub>2</sub>O dari air limbah domestik.

Pada IPAL, emisi N<sub>2</sub>O umumnya bersumber dari proses de-nitrifikasi. Emisi N<sub>2</sub>O dilepaskan saat proses penghilangan nitrogen biologis, pada instalasi untuk penghilangan nutrisi biologis. Kebanyakan sistem pengolahan secara biologis dan kimia tidak didesain untuk menghilangkan nutrisi, sehingga nitrogen dan fosfor tetap terkandung di-*effluent* air limbah yang mana akan melebihi batas ambang lingkungan.

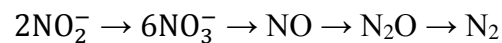
Proses nitrifikasi dilakukan oleh bakteri yang bernama *Nitrosomonas* yang mengonversi amoniak dan amonium menjadi nitrit. Selanjutnya bakteri *Nitrobacter* mengonversi nitrit menjadi nitrat. Denitrifikasi terjadi saat

bakteri heterotropik memecah nitrat untuk memperoleh oksigen, nitrat tereduksi menjadi nitrogen oksida, yang selanjutnya menjadi gas nitrogen.

Berikut reaksinya



Berikut rangkaian sederhana dari hasil proses nitrifikasi dan denitrifikasi



## 2.6 IPAL Sewon

IPAL Sewon (existing) terletak di Dusun Cepit, Kelurahan Pendowoharjo, Kecamatan Sewon, Kabupaten Bantul dan berjarak 8 km dari pusat Kota Yogyakarta. IPAL Sewon dikelola oleh Balai Pengolahan Infrastruktur Sanitasi dan Air Minum Perkotaan (PISAMP) Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Jaringan perpipaan IPAL Sewon melayani dua kabupaten dan satu kota madya, yang meliputi 3 Kecamatan di Kabupaten Sleman (Kec. Mlati, Kec. Depok dan Kec. Ngaglik); Kota Yogyakarta (13 Kecamatan) dan 3 Kecamatan di Kabupaten Bantul (Kec. Banguntapan, Kec. Kasihan dan Kec. Sewon)

Cakupan pelayanan yaitu jumlah Sambungan Rumah (SR) existing per desember 2017 adalah sebagai berikut :

- Kabupaten Sleman : 3.092 unit
- Kota Yogyakarta : 17.567 unit
- Kabupaten Bantul : 2.822 unit

**Tabel 2.1** Data Kriteria Teknik IPAL Sewon

| Unit                             | Dimensi                                 | Keterangan                               |
|----------------------------------|---|--|
| Kapasitas IPAL                   | 15.500 m <sup>3</sup> /hr = 179,4 lt/dt | 4 kolam fakultatif<br>2 kolam pematangan |
| Rumah Pompa ( <i>Lift Pump</i> ) | 21,6 × 8 m                              | Dua unit operasional                     |



|  |  |                                      |
|--|--|--------------------------------------|
|  | 10,7 m <sup>3</sup> /menit                                 | Satu unit cadangan                   |
| Bak Pengendap Pasir (Grit Chamber)                     | 2 m × 9 m × 1,2 m × 2 Bak                                  | 60 detik (waktu tinggal)             |
| Kolam Fakultatif ( <i>Facultative Aerated Lagoon</i> ) | 77 m × 70 m × 4 m × 4 Bak                                  | 5,5 hari (waktu tinggal)             |
| Kolam Pematangan ( <i>Maturation Ponds</i> )           | 78 m × 70 m × 4 m × 2 Bak                                  | 1,3 hari (waktu tinggal)             |
| Bak Pengering Lumpur ( <i>Sludge Drying Bed</i> )      | 34 m × 232 m × 0,5 m<br>25 unit                            | 3.300 m <sup>3</sup>                 |
| Bangunan Pelimpah                                      | 46 m × 2,5 m × 4,1 m × 2 Bh<br>46 m × 2,5 m × 3,3 m × 2 Bh | Lagoon Ponds                         |
| Fasilitas Gedung                                       | 490 m <sup>2</sup>   | Laborat, kantor IPAL,<br>Ruang rapat |

Sumber: Balai PISAMP DIY