

Vol. 10 No.2, November 2014

ISSN 1907-0276

Terakreditasi LIPI
No. 483/AU2/P2MI-LIPI/08/2012

JURNAL SUMBER DAYA AIR

Jurnal Sumber Daya Air pertama kali terbit pada tahun 1986. Jurnal ini terbit 2 kali dalam satu tahun yaitu pada bulan Mei dan November. Naskah ilmiah berasal dari para pejabat fungsional baik di lingkungan Pusat Litbang Sumber Daya Air ataupun dari penulis yang berasal dari perguruan tinggi serta instansi terkait di seluruh Indonesia yang mempunyai kegiatan di bidang sumber daya air. Jurnal Sumber Daya Air mencakup berbagai bidang keilmuan antara lain: bidang irigasi, kualitas lingkungan dan tata air, rawa, pantai, bangunan air, persungai, bidang hidrolika dan geoteknik keairan, bidang hidrologi dan tata air, bidang lingkungan keairan, bidang pantai, bidang persungai, dan bidang sabo.

Pelindung

Ir. Waskito Pandu, M.Sc

Pembina

Dr. Ir. Suprpto, M.Eng

Penanggung Jawab

Mujiono, S.ST

Redaktur

Dra. Henny Maria

Ketua Dewan Penyunting

Prof. (R). Dr. Simon S. Brahmata, CES, DEA (Ahli Bidang Teknik Lingkungan SDA)

Dewan Penyunting

Dr. (Eng) Fitri Riandini, S.Si., MT. (Ahli Bidang Teknik Rawa dan Pantai)

Dr. Ir. Wanny K. Adidarma, M.Sc. (Ahli Bidang Teknik Hidrologi)

Drs. Waluyo Hatmoko, M.Sc (Ahli Bidang Konservasi dan Tata Air)

Drs. Tontowi, M.Sc (Ahli Bidang Teknik Lingkungan SDA)

Mitra Bestari

Prof. Dr. Hidayat Pawitan, M.Sc. (Ahli Bidang Hidrologi – IPB)

Dr. Ir. Bambang Soenarto, Dipl. H.E., Dipl. GR., M. Eng. (Ahli Bidang Hidrologi Aplikasi SDA – UTAMA JAGAKARSA)

Dr. Ir. Sri Legowo, M.Sc. (Ahli Bidang Teknik Sipil – ITB)

Dr. (Eng.) Ir. Priana Sudjono, MS. (Ahli Bidang Teknik Lingkungan – ITB)

Ir. Nana Terangna Ginting, Dipl. EST. (Ahli Bidang Kualitas Lingkungan dan Tata Air)

Sekretariat Redaksi

Nurul Nurjanah, ST.

Komariah, S.AP

Alamat Redaksi/Penerbit:

**PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA AIR, BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM**

Jl. Ir. H. Juanda No. 193 Bandung 40135

Tlp.: (022) 2501083, 2504053 Fax : (022) 2500163 PO BOX: 841

Email: jurnalpusair@gmail.com

<http://www.pusair-pu.go.id>

JURNAL SUMBER DAYA AIR

DAFTAR ISI

Kumpulan Abstrak Jurnal Sumber Daya Air Vol. 10 No. 1 dan 2, Mei dan November 2014

Daftar Isi

Pengantar Redaksi

Dampak Kenaikan Muka Air Laut Terhadap Kesesuaian Lahan Rawa Pasang Surut Tabunganen Kalimantan Selatan 99 – 112
L. Budi Triadi; Muhammad Gifariyono

Penilaian Kesesuaian Pembangunan Dam Parit Bertingkat Untuk Antisipasi Kekeringan: Studi Kasus Di Kecamatan Cenrana, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan 113 – 124
Nani Heryani; Hendri Sosiawan; Setyono Hari Adi

Pengembangan Model Faveur Untuk Penilaian Kriteria Retensi Pada *Green Roof* Di Perancis 125 – 138
Safitri Lisma; Berthier Emmanuel; Prastowo; Pandjaitan Nora

Identifikasi Level Risiko Pantai Di Provinsi Bali Berdasarkan Analisis Spasial Bahaya Dan Identifikasi Level Kerentanan 139 – 150
Huda Bachtiar; Fitri Riandini; I Putu Samskerta; Soni Senjaya Efendi; Hamdani

✓ Simulasi Pencapaian Target Rencana Aksi Nasional Mitigasi Gas Rumah Kaca Sektor Air Limbah 151 – 164
Bambang Priadie; Budi Heri Pirngadi

Model Keruangan Konservasi Sumber Daya Airtanah Menggunakan Pendekatan Bentuk Lahan Di Lereng Selatan Gunungapi Merapi 165 – 180
Bambang Hargono; Sartohadi, J.; Pramonohadi, M.; Setiawan, B.

Pengaruh Ukuran Sampel Makrozoobentos Bioindikator Terhadap Penilaian Tingkat Pencemaran Air Sungai 181 – 194
Syamsul Bahri

Index Pengarang

Pedoman Penulisan Artikel Bagi Penulis

PENGANTAR REDAKSI

Dengan mengucap puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa majalah berkala ilmiah "Jurnal Sumber Daya Air (J-SDA)" Volume 10 No. 2 November tahun 2014 dapat diterbitkan. Edisi kali ini menyajikan tulisan-tulisan hasil penelitian dan pengembangan pengelolaan sumber daya air yang meliputi: 1) Dampak Kenaikan Muka Air Laut Terhadap Kesesuaian Lahan Rawa Pasang Surut Tabunganen Kalimantan Selatan; 2) Penilaian Kesesuaian Pembangunan Dam Parit Bertingkat Untuk Antisipasi Kekeringan: Studi Kasus Di Kecamatan Cenrana, Kabupaten Maros, Provinsi Sulawesi Selatan; 3) Pengembangan Model Faveur Untuk Penilaian Kriteria Retensi Pada *Green Roof* Di Perancis; 4) Identifikasi Level Risiko Pantai Di Provinsi Bali Berdasarkan Analisis Spasial Bahaya Dan Identifikasi Level Kerentanan; 5) Simulasi Pencapaian Target Rencana Aksi Nasional Mitigasi Gas Rumah Kaca Sektor Air Limbah; 6) Model Keruangan Konservasi Sumber Daya Airtanah Menggunakan Pendekatan Bentuk Lahan Di Lereng Selatan Gunungapi Merapi; 7) Pengaruh Ukuran Sampel Makrozoobentos Bioindikator Terhadap Penilaian Tingkat Pencemaran Air Sungai.

Artikel-artikel yang disajikan tersebut di atas bila diamati lebih dalam merupakan contoh-contoh permasalahan dan upaya pengelolaan sumber daya air secara terpadu pada suatu daerah aliran sungai, yang disajikan mulai dari dampak kenaikan muka air laut terhadap kesesuaian lahan rawa sampai dengan pengaruh ukuran sampel makrozoobentos bioindikator terhadap penilaian tingkat pencemaran air sungai.

Pada kesempatan ini, kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada anggota MITRA BESTARI J-SDA, Prof. Dr. Hidayat Pawitan, M.Sc.; Dr. Ir Bambang Soenarto, Dipl. H.E., Dipl. GR., M. Eng; Dr. Ir. Sri Legowo, M.Sc.; Dr. (Eng). Ir. Priana Sudjono, M.Sc.; dan Ir. Nana Terangna Ginting, Dipl. EST atas bantuan serta kerjasamanya dalam terbitan Edisi November 2014 ini.

Sebagai penutup, semoga karya-karya tulis ilmiah tersebut bermanfaat dan menjadi acuan bagi masyarakat pengguna sumber daya air, serta dapat memberikan kontribusi untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama pada Bidang Sumber Daya Air.

SIMULASI PENCAPAIAN TARGET RENCANA AKSI NASIONAL MITIGASI GAS RUMAH KACA SEKTOR AIR LIMBAH

SIMULATION OF TARGET ACHIEVEMENT OF NATIONAL ACTION PLAN GREENHOUSE GAS MITIGATION OF WASTEWATER SECTOR

Bambang Priadie¹⁾, Budi Heri Pirngadi²⁾

¹⁾Peneliti Balai Lingkungan Keairan, Puslitbang Sumber Daya Air, Jl. Ir H. Juanda 193 Bandung

²⁾Dosen Jurusan Teknik Planologi Fakultas Teknik Universitas Pasundan

E-mail: bpriadie@yahoo.com

Diterima: 03 Juni 2014; Disetujui: 29 Oktober 2014

ABSTRAK

Pemanasan global yang ditimbulkan oleh efek rumah kaca merupakan fenomena yang hangat dibicarakan belakangan ini, sehingga upaya minimasi emisi gas rumah kaca menjadi salah satu upaya yang mendapat perhatian besar dalam pengelolaan lingkungan, termasuk Indonesia yang ikut meratifikasi protokol Kyoto. Upaya Pemerintah Republik Indonesia dalam mengurangi gas rumah kaca tersebut telah dilakukan melalui Rencana Aksi Nasional Penurunan Gas Rumah Kaca (Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011) dan Rencana Aksi Nasional Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim Tahun 2012-2020 (Peraturan Menteri PU Nomor: 11/Prt/M/2012) melalui strategi mitigasi dengan penerapan teknologi pengolahan air limbah dengan sistem biodigester. Tulisan ini bertujuan untuk mengetahui besaran emisi gas rumah kaca dari sektor air limbah domestik di Indonesia selama 10 tahun ke depan melalui skenario pengelolaan limbah domestik secara business as usual (BAU) dan skenario mitigasi. Metode perhitungan emisi gas rumah kaca dari sektor pengelolaan limbah domestik berdasarkan Intergovernmental Panel on Climate Change (2006), dan perhitungan limbah penduduk berdasarkan Riset Kesehatan Dasar (2013). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa target penurunan emisi gas rumah kaca sektor air limbah berdasarkan skenario mitigasi dapat dicapai pada tahun 2022-2023 sebesar 1,9 – 2,32 Juta Ton CO₂ Eq atau dua tahun lebih lama dari target sesuai Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011.

Kata kunci: Gas rumah kaca, air limbah, rencana aksi nasional-GRK, skenario-BAU, skenario-mitigasi

ABSTRACT

Global warming caused by the greenhouse effect is a phenomenon that is much talked about these days, so the effort of minimizing greenhouse gas emissions become one of the efforts that have the most attention in environmental management, including Indonesia, which ratified the Kyoto protocol. The Indonesian Government's efforts to reduce greenhouse gases has been carried out through the National Action Plan for Greenhouse Gases Decline (Presidential Decree No. 61 of 2011) and the National Action Plan for Climate Change Mitigation and Adaptation Year 2012-2020 (Minister of Public Works No.: 11 / Prt / M / 2012) through the implementation of mitigation strategies wastewater treatment technologies with a biodigester system. This paper aims to determine the amount of greenhouse gas emissions from domestic wastewater sector in Indonesia over the next 10 years through the domestic waste management scenarios in a business as usual (BAU) and mitigation scenario. The method of calculating greenhouse gas emissions from domestic waste management sector based on the Intergovernmental Panel on Climate Change (2006), and the calculation of population based waste Basic Medical Research (2013). The calculations show that the target to reduce greenhouse gas emissions based on the wastewater sector mitigation scenarios can be achieved in the year 2022-2023 amounted to 1.9 to 2.32 Million Tons of CO₂ Eq or two years longer than the target of Presidential Regulation No. 61 of 2011.

Keywords: Green house gas, wastewater, national action plan-GHG, BAU-scenarios, mitigation-scenarios

PENDAHULUAN

Naiknya kadar gas rumah kaca (GRK), yang diyakini sebagai penyebab utama terjadinya pemanasan global, telah menjadi perhatian seluruh negara di dunia khususnya pasca ditandatanganinya protokol Kyoto pada tanggal 11 Desember 1997. Beberapa negara, termasuk Indonesia, telah meratifikasi protokol tersebut dan sepakat untuk bersama-sama mengurangi emisi GRK. Dalam protokol tersebut disebutkan juga bahwa yang termasuk GRK adalah karbon dioksida (CO_2), nitrous oxide (N_2O), sulfur heksafluorida (SF_6), hidrofluorocarbon (HFC) dan perfluorocarbon (PFC), dan gas metan (CH_4).

Gas metana (CH_4) merupakan produk samping yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik secara anaerobik pada pengolahan air limbah domestik. Saat ini, pengolahan air limbah domestik secara tidak terpusat (*on site sanitation*) dengan menggunakan tangki septik merupakan salah satu cara pengolahan yang umum di Indonesia. Proses penguraian limbah domestik, khususnya tinja, di dalam tangki septik dilakukan oleh mikroba pengurai secara anaerobik sehingga salah satu hasil sampingnya adalah gas metana (CH_4).

Gas CH_4 adalah salah satu GRK utama yang mempunyai kontribusi terhadap pemanasan global sebesar 21 kali gas CO_2 , sehingga dalam perhitungannya setiap satuan berat gas CH_4 adalah ekuivalen dengan 21 satuan berat gas CO_2 (IPCC, 2006). Seiring dengan pertumbuhan penduduk yang sangat pesat, diprediksi akan semakin banyak pula limbah domestik yang dihasilkan yang berarti semakin banyak pula CH_4 yang dihasilkan.

Upaya pemerintah RI dalam mengurangi GRK tersebut telah dilakukan melalui Rencana Aksi Nasional Penurunan Gas Rumah Kaca (Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011) dan Rencana Aksi Nasional Mitigasi Dan Adaptasi Perubahan Iklim Tahun 2012-2020 (Peraturan Menteri PU Nomor: 11/Prt/M/2012) melalui Strategi Mitigasi dengan penerapan teknologi pengolahan air limbah dengan sistem biodigester.

Tulisan ini bertujuan untuk mengetahui besaran emisi GRK dari sektor air limbah domestik di Indonesia selama 10 tahun ke depan melalui skenario pengelolaan limbah domestik secara *business as usual* (BAU) dan skenario mitigasi dengan penerapan teknologi sistem biodigester.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Gas Rumah Kaca dan Efek Rumah Kaca

Pemanasan global yang ditimbulkan oleh efek rumah kaca merupakan fenomena yang menjadi

perhatian dunia dewasa ini, sehingga upaya minimasi emisi GRK menjadi salah satu upaya yang mendapat perhatian besar dalam pengelolaan lingkungan. Gas Rumah Kaca adalah penyebab efek rumah kaca. Efek rumah kaca adalah suatu fenomena energi dari sinar matahari tidak dapat terpantul keluar bumi, padahal pada keadaan normal, energi matahari yang diadsorpsi bumi akan dipantulkan kembali dalam bentuk infra merah oleh awan dan permukaan bumi. Namun karena adanya GRK, sebagian besar infra merah yang dipancarkan bumi tertahan oleh awan dan gas-gas rumah kaca untuk dikembalikan ke permukaan bumi. Oleh karena itu akan terjadi peningkatan suhu di permukaan bumi yang menyebabkan pemanasan global (Rukaesih, 2004).

Efek rumah kaca sebenarnya merupakan proses alam dimana atmosfer memantulkan kembali sebagian radiasi panas yang berasal dari permukaan bumi sehingga bumi menjadi terasa hangat. Fungsi memantulkan radiasi panas tersebut dilakukan oleh gas rumah kaca seperti CO_2 dan CH_4 . Masalahnya adalah pada saat ini konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer sudah melebihi keadaan normalnya sehingga radiasi panas yang dipantulkan ke permukaan bumi menjadi lebih banyak dan akibatnya adalah meningkatnya suhu bumi.

Beberapa penelitian di dunia mengenai perubahan iklim akhir-akhir ini menunjukkan bahwa aktivitas manusia memberikan kontribusi terhadap kenaikan temperatur di muka bumi selama setengah abad terakhir (Clement, *et al.*, 2010). Efek dari peningkatan kadar GRK kini telah dapat dirasakan yaitu peningkatan temperatur di bumi. Peningkatan temperatur ini menyebabkan efek lanjutan seperti mencairnya es di kutub, kenaikan muka air laut, mengganggu pertanian dan secara tidak langsung akhirnya berdampak pada ekonomi suatu negara (Darwin, 2004). Selain itu, menurut *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2006), gas-gas utama yang dikategorikan sebagai GRK mempunyai potensi menyebabkan pemanasan global adalah CO_2 dan CH_4 . Meskipun CO_2 dan CH_4 secara alami terdapat di atmosfer, namun era industrialisasi sejak tahun 1750 sampai tahun 2005 gas-gas tersebut mengalami peningkatan kadar yang pesat dan secara global. Gas CO_2 mempunyai persentase sebesar 50% dari total GRK sementara CH_4 memiliki persentase sebesar 20% (Rukaesih, 2004).

Beberapa dampak dari efek rumah kaca di antaranya:

1) Dampak terhadap Iklim

Suhu Udara

Hasil pengukuran suhu udara yang dilakukan oleh Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) menunjukkan bahwa pada periode tahun 2000 - 2007 suhu

udara maksimum di wilayah Indonesia cenderung meningkat pada tahun 2000 – 2003 dan cenderung menurun pada tahun 2004 – 2006. Pada tahun 2007 suhu maksimum meningkat hingga mencapai 50°C yaitu di Kalimantan. Suhu udara minimum cenderung menurun pada tahun 2003 – 2007 setelah meningkat pada periode 2000 – 2002. Peningkatan suhu udara minimum pada tahun 2000–2002 terjadi di Pulau Bali. Perbandingan menurut pulau menunjukkan bahwa suhu udara maksimum di pulau Sumatera, Kalimantan dan Maluku cenderung meningkat dalam periode tahun 2000 – 2007 dan cenderung menurun di pulau Sulawesi dan Papua. Sementara suhu udara minimum cenderung menurun kecuali di pulau Bali dan Maluku (Kemen LH, 2009)

Curah Hujan

Hasil pengukuran curah hujan secara kontinyu pada 33 stasiun BMG menunjukkan bahwa pada tahun 2007 curah hujan di stasiun bandara Supadio, provinsi Kalimantan Barat, mencapai 4065 mm atau tertinggi dibandingkan dengan curah hujan di stasiun lainnya. Sementara curah hujan terendah tercatat di stasiun Bima, provinsi Nusa Tenggara Barat, yaitu sebesar 468 mm. Curah hujan maksimum cenderung meningkat pada stasiun-stasiun pengamatan di pulau Jawa, Kalimantan dan Sulawesi, dan cenderung menurun di pulau Sumatera, Bali – Nusa Tenggara, dan Maluku – Papua. (Kemen LH, 2009).

2) Dampak terhadap Kesehatan

World Health Organization (WHO) pada bulan April 2008 menyatakan bahwa meningkatnya angka penyakit malaria dan demam berdarah, khususnya di kawasan Asia Pasifik, dicurigai terjadi karena perubahan iklim sebagai akibat dari pemanasan global. Nyamuk sebagai vektor kedua penyakit tersebut diduga telah menyebar ke wilayah-wilayah yang sebelumnya bukan merupakan habitatnya. Indikasi tersebut, meskipun perlu penelitian lebih lanjut, terjadi di Indonesia dimana jumlah kabupaten dan kota yang terjangkit demam berdarah cenderung meningkat pada tahun 2001 – 2005.

Pada tahun 2001 tercatat 63% kabupaten/kota yang terjangkit demam berdarah, kemudian meningkat menjadi 78% kabupaten/kota pada tahun 2007. Jumlah pasien penderita demam berdarah pada tahun 2003 tercatat sebanyak 51 ribu orang dan meningkat menjadi 158 ribu orang pada tahun 2007. Demikian pula halnya dengan jumlah desa yang terjangkit demam berdarah yang meningkat dari 4,4% pada tahun 2005 menjadi 14,5% pada tahun 2008, dimana peningkatan terbesar terjadi di pulau Jawa. Hal sebaliknya terjadi pada angka kesakitan

malaria yang cenderung menurun pada tahun 2002 – 2007. Pada tahun 2007 angka kesakitan malaria di pulau Jawa dan Bali (*annual parasite incident – API*) tercatat sebesar 0,16 per 1000 penduduk, menurun dibandingkan dengan angka kesakitan tahun 2002 yang mencapai 0,47 per 1000 penduduk. Hal yang sama terjadi di pulau-pulau lain di luar pulau Jawa dan Bali dimana pada tahun 2002 – 2007 angka kesakitan malaria (*annual malaria incident – AMI*) menurun dari 22,3 menjadi 16,44 per 1000 penduduk. (Kemen LH, 2009)

Pengelolaan Limbah rumah Tangga dan GRK

Sebagaimana diuraikan sebelumnya, pengelolaan limbah rumah tangga, khususnya pengelolaan yang dilakukan dengan cara anaerobik merupakan penghasil gas rumah kaca. Berikut adalah uraian mengenai gas rumah kaca yang dihasilkan dari pengelolaan limbah rumah tangga seperti dikutip dari IPCC, 2006:

Metana (CH_4)

Limbah domestik dan lumpur yang dihasilkan, dapat memproduksi metana jika pengolahannya dilakukan secara anaerobik. Jumlah CH_4 yang dihasilkan utamanya tergantung dari banyaknya material organik yang dapat diuraikan dalam limbah tersebut, temperatur dan jenis pengolahannya. Kenaikan temperatur akan meningkatkan jumlah produksi CH_4 . Hal ini akan menentukan untuk perhitungan CH_4 dari limbah yang tidak dikelola (misal dibuang ke sungai, kolam) di negara-negara dengan temperatur hangat. Pada suhu di bawah 15°C limbah domestik dan lumpur, tidak akan produksi CH_4 karena bakteri Metanogen tidak aktif.

Prinsip penting dalam menentukan produksi CH_4 adalah jumlah material organik yang dapat terurai yang ada dalam limbah domestik. Parameter umum untuk mengukur material organik terurai dalam limbah domestik adalah BOD dan COD. Semakin tinggi angka BOD dan atau COD maka semakin banyak CH_4 yang dihasilkan.

Nitrous Oxide (N_2O)

Keberadaan N_2O berasosiasi dengan penguraian komponen nitrogen dalam limbah domestik, seperti: urea, nitrat, dan protein. Pada pengelolaan limbah domestik secara terpusat (*off site sanitation*), khususnya pada system sewerage, limbah domestik dari rumah tangga tidak hanya terdiri dari tinja manusia (*black water*) tetapi tercampur dengan limbah dari kamar mandi dan bak cuci (*grey water*) sehingga memungkinkan didalamnya terdapat komponen-komponen terkait produksi dengan N_2O . Emisi N_2O dapat dihasilkan dari proses nitrifikasi

maupun denitrifikasi yang biasanya ada dalam sistem pengolahan air limbah. Nitrifikasi adalah proses aerobik yang mengubah ammonia dan senyawa nitrogen lainnya menjadi nitrat (NO_3) sedangkan denitrifikasi terjadi pada kondisi tanpa oksigen bebas dan terdapat dalam konversi biologi dari nitrat (NO_3) menjadi dinitrogen gas (N_2). Nitrous oxide (N_2O) dihasilkan dari proses antara dari kedua proses di atas, namun yang lebih sering N_2O dihasilkan dari denitrifikasi.

Proses Pengelolaan Limbah Domestik dan Potensi CH_4 serta N_2O

Pengelolaan limbah domestik dapat menghasilkan CH_4 dan N_2O baik secara disengaja ataupun tidak disengaja. Sebagai contoh pengelolaan limbah secara aerobik yang normalnya tidak menghasilkan CH_4 akan dapat menghasilkan CH_4 jika terkait dengan kedalaman dan faktor kontak oksigen. Kedalaman kolam menjadi faktor penting dalam produksi CH_4 , sebagai contoh kolam yang dangkal (kurang dari 1 meter) umumnya akan menghasilkan kondisi aerobik, sehingga tidak menghasilkan CH_4 , sebaliknya kolam dengan kedalaman 2-3 meter umumnya dapat menghasilkan kondisi anaerobik yang dapat menghasilkan CH_4 dengan jumlah yang cukup berarti.

2. Kebijakan Nasional Penurunan Gas Rumah Kaca

Komitmen Pemerintah Indonesia terhadap Pengurangan Emisi GRK telah disampaikan oleh Presiden Republik Indonesia, Susilo Bambang Yudhoyono pada acara pertemuan *The Group of Twenty (G-20)* di Pittsburgh. Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK sebesar 26% dari BAU (*Business as Usual*) pada tahun 2020 dengan upaya sendiri dan sebesar 41% dengan dukungan internasional (Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2011). Komitmen tersebut tidak terlepas dari fakta bahwa Indonesia memiliki peranan yang sangat penting dalam isu perubahan iklim global. Di satu sisi, Indonesia sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim, disisi lain juga merupakan salah satu penyumbang emisi GRK. Kesadaran untuk berkomitmen dalam pengurangan gas rumah kaca untuk mengurangi dampak dari perubahan iklim tersebut sebenarnya sudah dimulai sejak Indonesia ikut meratifikasi konvensi dunia mengenai perubahan iklim melalui **Undang-Undang Nomor 6 Tahun 1994** tentang Pengesahan *United Nations Framework Convention on Climate Change* (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1994 Nomor 42,

Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3557).

Dalam rangka pencapaian komitmen tersebut, maka kemudian dijabarkan ke dalam sasaran lebih detil dan perumusan aksi untuk mencapai penurunan emisi GRK, yang kemudian dituangkan dalam Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) sesuai **Perpres no. 61 tahun 2011**. Berdasarkan keputusan Bali Action Plan (2007), disebutkan perlunya peran negara-negara berkembang melalui pengurangan emisi secara sukarela. Upaya pengurangan emisi secara sukarela ini disebut juga *Nationally Appropriate Mitigation Actions* (NAMAs). Secara internasional belum terdapat kesepakatan mengenai metodologi NAMAs. Akan tetapi, arah perkembangan negosiasi antar negara terkait dengan pengurangan emisi mengindikasikan bahwa Indonesia perlu membuat *Nasional baseline* (acuan dasar). *Nasional baseline* ini perlu membuat landasan yang komprehensif tentang *baseline* dari emisi nasional maupun berbagai skenario penurunan emisi dari emisi per sektornya.

Upaya untuk menurunkan emisi GRK sebesar 26% dari BAU pada tahun 2020 dengan upaya sendiri dan sebesar 41% dengan dukungan internasional di atas telah dipandu oleh **Peraturan Presiden No 61 tahun 2011** tentang RAN-GRK. Rencana aksi nasional tersebut mempunyai prinsip dasar sebagai berikut:

1. Tidak menghambat pertumbuhan ekonomi
2. Meningkatkan kesejahteraan rakyat melalui pembangunan berkelanjutan
3. Perlindungan terhadap masyarakat miskin dan rentan

Adapun substansi dan kriteria kegiatannya mencakup:

1. Kegiatan yang terintegrasi dengan rencana pembangunan nasional serta dapat di update secara rutin
2. Terdiri dari kegiatan inti berupa 5 (lima) bidang untuk penurunan emisi. Kegiatan tersebut menghasilkan penurunan emisi GRK dengan biaya satuan termurah dan terintegrasi untuk mencapai sasaran prioritas pembangunan, serta adanya kegiatan pendukung yang berfungsi untuk mendukung kegiatan inti (tidak langsung menurunkan emisi) melalui perkuatan kerangka kebijakan, peningkatan kapasitas manusia dan kelembagaan, sosialisasi, penelitian dan kegiatan lain yang berandil dalam penurunan emisi (Pasal 2 dan lampiran Perpres 61/2011).

3. Disusun berdasarkan kegiatan yang sudah ada, dan memiliki manfaat tambahan dalam penurunan emisi GRK.
 4. Dalam bidang kehutanan dan lahan gambut melalui pencegahan deforestasi, degradasi hutan, konservasi serta kegiatan lainnya.
- 4) rumah tangga;
 - 5) komersial; dan
 - 6) pertanian, konstruksi, dan pertambangan (Pasal 3 Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011)

Inventarisasi GRK dilakukan dengan cara pemantauan dan pengumpulan data aktivitas sumber emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon, serta penetapan faktor emisi dan faktor serapan GRK. Hasil penghitungan emisi dan serapan GRK termasuk simpanan karbon dilaporkan dalam bentuk tingkat dan status emisi GRK. Inventarisasi GRK sebagaimana dilakukan pada sumber emisi dan penyerapnya termasuk simpanan karbon yang meliputi:

1. Pertanian, Kehutanan, Lahan Gambut, dan Penggunaan Lahan Lainnya.
2. Pengadaan dan Penggunaan Energi yang mencakup:
 - 1) pembangkitan energi;
 - 2) industri;
 - 3) transportasi;

Menindaklanjuti komitmen penurunan emisi GRK, RAN-GRK disusun untuk memberikan kerangka kebijakan kepada pemerintah pusat, pemerintah daerah, pihak swasta dan para pemangku kepentingan lainnya dalam melaksanakan kegiatan-kegiatan yang berkaitan langsung atau tidak langsung dengan upaya mengurangi emisi GRK dalam jangka waktu 2010-2020 sesuai dengan Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP 2005-2025) dan Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM). RAN-GRK ini telah disahkan dalam suatu Peraturan Presiden No. 61 Tahun 2011.

Berdasarkan Pedoman Pelaksanaan Rencana Aksi Penurunan Emisi GRK, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2011, target penurunan emisi GRK sebesar 26% adalah untuk seluruh sumber-sumber yang telah disebutkan diatas, dengan proporsi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 Target Penurunan Emisi GRK per Bidang

SEKTOR	Rencana Penurunan Emisi (Giga-ton CO ₂ Eq)		Rencana Aksi	Kementerian/Lembaga Pelaksana
	26%	41%		
Kehutanan dan Lahan Gambut	0,672	1,039	<ul style="list-style-type: none"> • Pengendalian kebakaran hutan dan lahan • Pengelolaan sistem jaringan dan tata air • Rehabilitasi hutan dan lahan • Pemberantasan Illegal logging, pencegahan deforestasi dan pemberdayaan masyarakat 	Kementerian Kehutanan, Kementerian Lingkungan Hidup, Kementerian PU, dan Kementerian Pertanian
Pertanian	0,008	0,011	Introduksi varietas padi rendah emisi, efisiensi air irigasi dan penggunaan pupuk organik	Kementerian Pertanian, Kementerian Lingkungan Hidup, Kementerian PU
Energi dan Transportasi	0,038	0,056	Penggunaan biofuel, mesin dengan standar efisiensi BBM lebih tinggi, memperbaiki TDM, kualitas transportasi umum dan jalan, <i>demand side management</i> , efisiensi energi, pengembangan <i>renewable</i> energi.	Kementerian Perhubungan, Kementerian ESDM, Kementerian Lingkungan Hidup, Kementerian PU
Industri	0,001	0,005	efisiensi energi, penggunaan <i>renewable</i> energi.	Kementerian Perindustrian, Kementerian Lingkungan Hidup
Limbah	0,046	0,076	Pembangunan TPA, Pengelolaan Sampah dengan 3 R, dan Pengolahan limbah terpadu di perkotaan.	Kementerian PU, Kementerian Lingkungan Hidup.
	0,767	1,189		

Sumber: Pedoman Pelaksanaan Rencana Aksi Penurunan Emisi GRK, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2011

RAN-GRK mengusulkan aksi mitigasi di lima bidang prioritas (Pertanian, Kehutanan dan Lahan Gambut, Energi dan Transportasi, industri, **Pengelolaan Limbah**) serta kegiatan pendukung lainnya, merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari perencanaan pembangunan nasional yang mendukung prinsip pertumbuhan ekonomi, pengentasan kemiskinan, dan pembangunan berkelanjutan.

Pengelolaan Limbah sebagai salah satu sektor yang menjadi sumber GRK terdiri dari beberapa aktifitas yang secara umum terdiri dari dua aktifitas utama yaitu pengelolaan limbah padat (sampah) dan pengelolaan limbah cair. Adapun target penurunan emisi GRK dari sektor air limbah, berdasarkan lampiran Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 tentang RAN-GRK penurunan emisi GRK sektor limbah adalah sebesar 0,048 Giga Ton CO₂ equivalen (48 juta ton CO₂ equivalen), dengan proporsi sebagai berikut:

- a. Penurunan Emisi dari Pengelolaan Sampah sebesar 46 juta ton CO₂ equivalen, dan
- b. Penurunan Emisi dari Pengelolaan air limbah adalah sebesar 2 juta ton CO₂ equivalen.

Dalam Peraturan Presiden tersebut disebutkan pula bahwa pengurangan emisi GRK dari air limbah dilakukan dengan rencana aksi meliputi:

- a. Tersedianya sistem pengelolaan air limbah sistem terpusat skala kota (*off-site*) di 16 Kabupaten/Kota,
- b. Tersedianya sistem pengelolaan air limbah skala setempat (*on-site*) di 11.000 lokasi.

Kementerian Pekerjaan umum sebagai lembaga teknis yang berperan dalam pengelolaan air limbah domestik di Indonesia telah merespon rencana aksi nasional tersebut dengan mengeluarkan kebijakan rencana aksi nasional sektor pekerjaan umum melalui Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 11/Prt/M/2012 tentang Rencana Aksi Nasional Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim Tahun 2012-2020. Dalam peraturan tersebut ada beberapa hal terkait dengan pengelolaan limbah domestik yaitu:

Strategi Mitigasi:

- a. Mendorong penerapan teknologi dan pengelolaan limbah dan sampah yang ramah lingkungan.
- b. Mendorong penerapan teknologi pengolahan air limbah dengan penangkap gas.

Sasaran sampai dengan tahun 2020:

- a. Penerapan teknologi pengolahan air limbah dengan sistem biodigester

- b. Penyusunan pedoman perencanaan, pembangunan, dan pengelolaan teknologi pengolahan air limbah dengan sistem biodigester.

METODOLOGI

Perhitungan emisi GRK dari sektor pengelolaan limbah domestik menggunakan metode yang telah disusun oleh IPCC tahun 2006. Berdasarkan pedoman IPCC terdapat empat parameter yang bisa dipertimbangkan dalam perhitungan emisi GRK dari sektor pengelolaan limbah domestik, yaitu:

1. Jenis GRK yang ditinjau,
2. Persamaan untuk menghitung CH₄,
3. Pemilihan faktor emisi
4. Pemilihan Data Aktivitas, proses pengelolaan limbah domestik dan potensi CH₄ dan N₂O.

Selain keempat parameter tersebut, perhitungan emisi GRK dari sektor pengelolaan limbah domestik, juga memperhitungkan faktor koreksi metana dapat diperiksa pada Tabel 2.

1. Jenis GRK Yang Ditinjau

Dalam IPCC, 2006 GRK yang dihasilkan dari pengelolaan limbah domestik adalah CH₄ dan N₂O. Dalam penelitian ini penulis membatasi pada perhitungan CH₄ saja karena tidak terdapat data mengenai proses penyisihan nutrisi (denitrifikasi/nitrifikasi) sebagai sumber N₂O yang dilakukan pada proses pengelolaan air limbah rumah tangga di Indonesia.

2. Persamaan Untuk Menghitung CH₄

Persamaan umum untuk menghitung/mengestimasi emisi CH₄ dari limbah domestik adalah:

$$CH_4 \text{ emission} = \left[\sum_i (U_i \cdot T_{ij} \cdot EF_j) \right] (TOW - S) - R \quad (1)$$

Keterangan :

- CH₄ emission, emisi CH₄ pada tahun inventori, Kg CH₄/tahun
- U_i, persentase populasi berdasarkan pembagian tingkat penghasilan
- T_{ij}, persentase/tingkat pemakaian sistem air limbah pada tiap bagian tingkat penghasilan
- EF, faktor emisi, kg CH₄/kg BOD
- TOW, total organik dalam air limbah pada tahun inventori, kg BOD/year
- S, komponen organik yang menjadi lumpur, pada tahun inventori, kg BOD/year

Tabel 2 Angka Faktor Koreksi Metana Secara Default

JENIS PENGELOLAAN AIR LIMBAH DOMESTIK	KETERANGAN	FAKTOR KOREKSI METANA (Methane correction factor/MCF)	
		Angka Default	Angka Koreksi
Pembuangan ke laut, sungai dan danau	Sungai dengan kadar organik tinggi dapat menjadi anaerobik	0,1	0,1 - 0,2
Saluran yang tidak mengalir	Terbuka dan hangat	0,5	0,4 - 0,8
Saluran yang mengalir (saluran terbuka atau tertutup)	Mengalir cukup cepat dengan gravitasi atau pemompaan	0	0
IPAL			
IPAL Aerobik terpusat	Dengan O & M yang baik	0	0 - 0,1
IPAL aerobik terpusat	Dengan O & M yang buruk dan "overloaded"	0,3	0,2 - 0,4
Pengolahan lumpur dengan anaerobik digester	Tanpa pengelolaan CH ₄ (pemanfaatan, dibakar)	0,8	0,8 - 1,0
IPAL anaerobik	Tanpa pengelolaan CH ₄ (pemanfaatan, dibakar)	0,8	0,8 - 1,0
Kolam anaerobik dangkal	Kedalaman kurang dari 2 meter	0,2	0 - 0,3
Kolam anaerobik dalam	Kedalaman lebih dari 2 meter	0,8	0,8 - 1,0
Tangki septik	Setengah dari BOD mengendap di tangki anaerobik	0,5	0,5
Cubluk	Iklim kering, muka air tanah kurang dari cubluk, keluarga kecil (3-5 orang)	0,1	0,05 - 0,15
Cubluk	Iklim kering, muka air tanah kurang dari cubluk, komunal	0,5	0,4 - 0,6
Cubluk	Iklim basah, muka air tanah lebih dari cubluk	0,7	0,7 - 1,0
Cubluk	Lumpur secara rutin di angkat	0,1	0,1

Sumber: IPCC, 2006

- i, tingkat penghasilan
- j, jenis pengelolaan air limbah domestik (septik tank, cubluk, dll)
- R, jumlah CH₄ yang dimanfaatkan kembali pada tahun inventar, Kg CH₄/tahun.

3. Pemilihan Faktor Emisi

Faktor emisi untuk pengelolaan limbah domestik adalah merupakan fungsi dari potensi maksimum produksi CH₄ dan faktor koreksi metana yang berbeda-beda pada setiap jenis pengelolaan air limbah domestik. Persamaan di bawah memperlihatkan bagaimana faktor emisi pada pengelolaan air limbah domestik:

$$EF_j = B_o \times MCF_j \quad 2)$$

Keterangan:

- EF, faktor emisi, kg CH₄/kg BOD
- B_o, kapasitas maksimum produksi CH₄, kg CH₄/kg BOD
- MCF, faktor koreksi metana
- j, jenis pengelolaan air limbah domestik.

Hasil yang lebih akurat jika angka BOD merupakan angka spesifik hasil penelitian di Indonesia, namun jika tidak ada maka dapat menggunakan angka dari dokumen IPCC yaitu:

Kapasitas maksimum produksi CH₄ (IPCC, 2006):

1. 0,6 Kg CH₄/Kg BOD
2. 0,25 Kg CH₄/Kg COD

4. Pemilihan Data Akitivitas

Pemilihan data aktivitas diperlukan untuk mendapatkan total kandungan organik yang dapat terurai pada air limbah domestik atau *Total Organic Waste (TOW)*. Paramater ini merupakan fungsi dari jumlah populasi dan BOD yang dihasilkan oleh setiap orang (kg BOD/tahun). Persamaan untuk menghitung TOW adalah sebagai berikut:

$$TOW = P \times BOD \times 0,001 \times I \times 365 \quad 3)$$

Keterangan:

- TOW, Total kandungan organik yang dapat terurai pada tahun inventori, Kg BOD/tahun

- P, Jumlah populasi dalam tahun inventori, orang
- BOD, Jumlah BOD perkapita (spesifik negara) dalam tahun inventori, g/orang/hari
- 0,001 Faktor koreksi dari gram BOD ke Kg BOD
- I, Faktor koreksi jika terdapat BOD industri yang ikut masuk ke sistem pengelolaan, angkanya = 1,25 jika ada BOD industri; jika tidak ada maka angkanya = 1

Pada tulisan ini angka BOD perkapita yang dipakai adalah spesifik Indonesia yaitu angka dari hasil penelitian bersama JICA dan Kementerian Pekerjaan Umum (Kementrian PU, 2011).

1. Masyarakat berpenghasilan tinggi: 43,9 gram/orang/hari
2. Masyarakat berpenghasilan sedang: 31,7 gram/orang/hari
3. Masyarakat berpenghasilan rendah: 26,8 gram/orang/hari

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Jumlah Penduduk berdasarkan jenis pengelolaan air limbah Rumah Tangga di Indonesia Dengan Skenario Bussines As Usual (BAU)

Definisi skenario *Bussines As Usual* (BAU) mengasumsikan kecenderungan pengelolaan limbah di masa depan sama seperti masa lalu, atau tidak

ada perubahan kebijakan yang akan terjadi. Skenario ini juga mengasumsikan bahwa pola demografi akan terus berlangsung seperti yang diproyeksikan.

Untuk menghitung jumlah penduduk berdasarkan jenis pengelolaan air limbah rumah tangga, diperlukan data jumlah penduduk dan komposisi jenis pengelolaan air limbah. Jumlah penduduk didasarkan pada Proyeksi Penduduk Indonesia (BPS-Bappenas) sedangkan jenis pengelolaan air limbah domestik penduduk Indonesia berdasarkan hasil riset kesehatan dasar (RISKESDAS) tahun 2013, sebagai berikut:

1. Menggunakan *septic tank* sebanyak 66%,
2. Pembuangan ke tempat yang bukan semestinya seperti ke sungai/danau sebesar 13,9%, kolar₁/sawah sebesar 4,4% dan ke pantai/kebun sebesar 2,7%.
3. Di lubang tanah (cubluk) sebanyak 8,6%.
4. Ke sarana pembuangan air limbah (SPAL) sebesar 4,4%

Berdasarkan informasi tersebut maka jika pengelolaan air limbah dilakukan secara *bussines as usual*, komposisi jumlah penduduk dengan berbagai metode pengelolaan air limbahnya adalah seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Proyeksi Jumlah Penduduk dan Limbahnya dari Masing-masing Pengelolaan Limbah, Dengan Skenario BAU

TAHUN	Jumlah Penduduk	Persentasi dan Jumlah Penduduk Membuang Limbahnya ke Septik Tank		Persentasi dan Jumlah Penduduk Membuang Limbahnya ke Sungai /Danau dan Tempat Lainnya		Persentasi dan Jumlah Penduduk Membuang Limbahnya ke Lubang		Persentasi dan Jumlah Penduduk Membuang Limbahnya ke Pengolahan Terpusat	
		%	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah
2013	242,376,900	66.00	159,968,754	21.00	50,899,149	8.60	20,844,413	4.40	10,664,584
2014	245,021,700	66.00	161,714,322	21.00	51,454,557	8.60	21,071,866	4.40	10,780,955
2015	247,623,200	66.00	163,431,312	21.00	52,000,872	8.60	21,295,595	4.40	10,895,421
2016	250,177,900	66.00	165,117,414	21.00	52,537,359	8.60	21,515,299	4.40	11,007,828
2017	252,680,000	66.00	166,768,800	21.00	53,062,800	8.60	21,730,480	4.40	11,117,920
2018	255,108,300	66.00	168,371,478	21.00	53,572,743	8.60	21,939,314	4.40	11,224,765
2019	257,455,100	66.00	169,920,366	21.00	54,065,571	8.60	22,141,139	4.40	11,328,024
2020	259,721,800	66.00	171,416,388	21.00	54,541,578	8.60	22,336,075	4.40	11,427,759
2021	261,954,700	66.00	172,890,102	21.00	55,010,487	8.60	22,528,104	4.40	11,526,007
2022	264,154,300	66.00	174,341,838	21.00	55,472,403	8.60	22,717,270	4.40	11,622,789
2023	266,318,500	66.00	175,770,210	21.00	55,926,885	8.60	22,903,391	4.40	11,718,014
2024	268,447,400	66.00	177,175,284	21.00	56,373,954	8.60	23,086,476	4.40	11,811,686
2025	270,538,400	66.00	178,555,344	21.00	56,813,064	8.60	23,266,302	4.40	11,903,690

sumber: Proyeksi Penduduk Indonesia (BPS-Bappenas), RISKESDAS 2013 dan Perhitungan

Perhitungan Jumlah Penduduk berdasarkan jenis pengelolaan air limbah Rumah Tangga di Indonesia Dengan Skenario Mitigasi

Skenario mitigasi adalah skenario pengelolaan air limbah yang sesuai dengan kebijakan penurunan emisi GRK pada sektor pengelolaan air limbah rumah tangga. Sesuai dengan Rencana Aksi Nasional Penurunan GRK yang merencanakan upaya pengurangan GRK dari sektor air limbah melalui peningkatan kapasitas pengelolaan limbah rumah tangga dengan sistem terpusat dan sistem komunal, maka skenario mitigasi akan dilakukan dengan menurunkan jumlah penduduk yang membuang limbah ke septik tank secara bertahap dari 66% di tahun 2015 menjadi 50% di tahun 2025, menurunkan jumlah penduduk yang membuang limbah ke tempat tidak semestinya (sungai, danau, dll) dari 15% di tahun 2015 menjadi tinggal 5% di tahun 2025. Penurunan tersebut dilakukan dengan cara meningkatkan jumlah penduduk yang membuang limbah ke tempat pengolahan terpusat/komunal yang semula hanya 11% di tahun 2015 menjadi 35% di tahun 2025. Dengan skenario mitigasi, maka jumlah penduduk berdasarkan cara pembuangan limbahnya akan berubah seperti tersaji pada Tabel 4.

Skenario Mitigasi dengan lebih menekankan pada peningkatan jumlah pengelolaan air limbah terpusat dan komunal akan mengubah komposisi jumlah penduduk berdasarkan cara pengelolaan limbahnya seperti terlihat pada Gambar 1. Hal tersebut akan berpengaruh pada jumlah GRK seperti diuraikan pada sub bab berikutnya.

Perhitungan Emisi GRK Sektor Air Limbah Rumah Tangga

Setelah diketahui perhitungan mengenai Jumlah penduduk dan jenis pengolahan limbahnya, maka dilakukan perhitungan emisi GRK sektor air limbah rumah tangga melalui Skenario BAU dan Skenario Mitigasi.

1. Dasar Perhitungan:

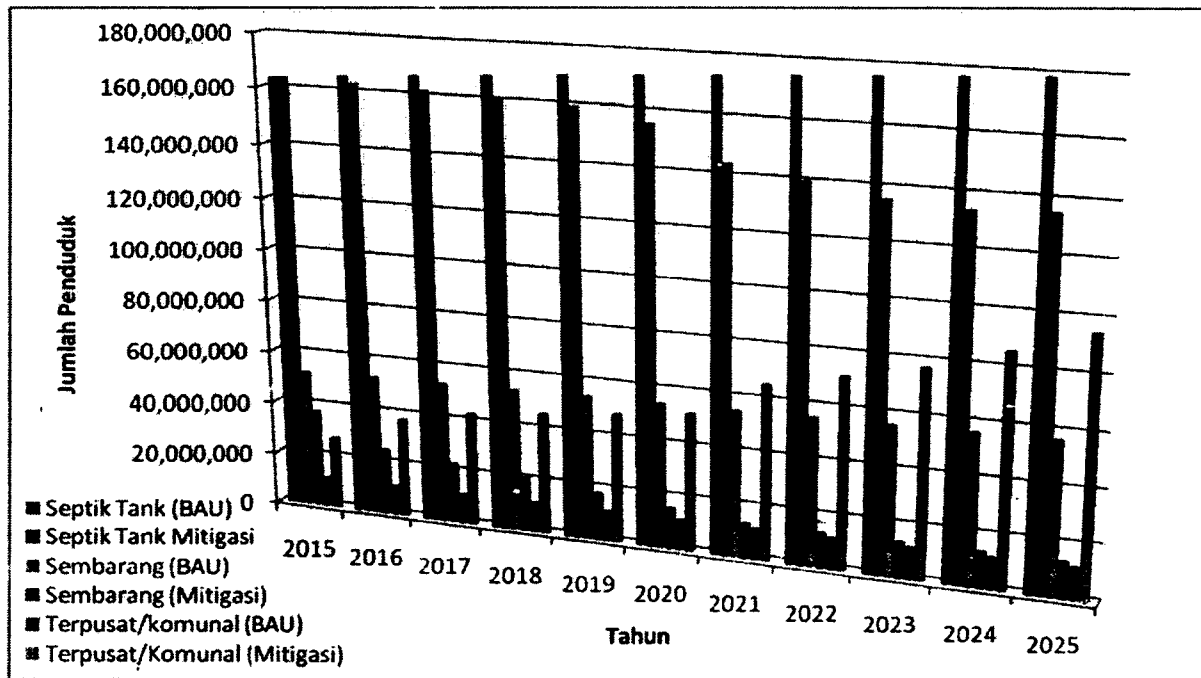
Prediksi GRK sektor air limbah domestik di Indonesia hanya dihitung dari gas CH₄. Seperti diuraikan sebelumnya Gas N₂O tidak dihitung karena tidak diperoleh informasi mengenai adanya pengolahan air limbah domestik tingkat lanjut dengan penyisihan nutrient (nitrifikasi dan denitrifikasi). Perhitungan prediksi GRK ini didasarkan pada data pengelolaan air limbah rumah tangga eksisting tahun 2013 yang berasal dari data Riset Kesehatan Dasar tahun 2103 (RISKESDAS 2013). Berdasarkan data tersebut, secara nasional tempat pembuangan akhir air limbah rumah tangga sebagian besar rumah tangga di Indonesia dengan skenario Mitigasi (tabel 5) akan mengalami perubahan secara bertahap sampai tahun 2025 sebagai berikut:

- 1) Menggunakan *septic tank* semula 66% di tahun 2015 menjadi 50% di tahun 2025.
- 2) Pembuangan ke tempat yang bukan semestinya seperti ke sungai/danau semula 15% di tahun 2015 menjadi 5% di tahun 2025

Tabel 4 Proyeksi Jumlah Penduduk dan Limbahnya dari Masing-masing Pengelolaan Limbah, dengan Skenario Mitigasi

TAHUN	Jumlah Penduduk	Persentasi dan Jumlah Penduduk Membuang Limbahnya ke Septik Tank		Persentasi dan Jumlah Penduduk Membuang Limbahnya ke Dugai /Danau dan Tempat Lainnya		Persentasi dan Jumlah Penduduk Membuang Limbahnya ke Lubang		Persentasi dan Jumlah Penduduk Membuang Limbahnya ke Pengolahan Terpusat	
		%	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah	%	Jumlah
2015	247,623,200	66.00	163,431,312	15.00	37,143,480	8.00	19,809,856	11.00	27,238,552
2016	250,177,900	65.00	162,615,635	10.00	25,017,790	10.00	25,017,790	15.00	37,526,685
2017	252,680,000	64.00	161,715,200	9.00	22,741,200	10.00	25,268,000	17.00	42,955,600
2018	255,108,300	63.00	160,718,229	8.00	20,408,664	11.00	28,061,913	18.00	45,919,494
2019	257,455,100	62.00	159,622,162	7.00	18,021,857	12.00	30,894,612	19.00	48,916,469
2020	259,721,800	60.00	155,833,080	6.00	15,583,308	14.00	36,361,052	20.00	51,944,360
2021	261,954,700	55.00	144,075,085	5.00	13,097,735	15.00	39,293,205	25.00	65,488,675
2022	264,154,300	53.00	140,001,779	5.00	13,207,715	15.00	39,623,145	27.00	71,321,661
2023	266,318,500	51.00	135,822,435	5.00	13,315,925	15.00	39,947,775	29.00	77,232,365
2024	268,447,400	50.00	134,223,700	5.00	13,422,370	13.00	34,898,162	32.00	85,903,168
2025	270,538,400	50.00	135,269,200	5.00	13,526,920	10.00	27,053,840	35.00	94,688,440

sumber: Proyeksi Penduduk Indonesia (BPS-Bappenas), RISKESDAS 2013 dan Perhitungan



Gambar 1 Grafik Jumlah Penduduk Berdasarkan Cara Pengelolaan air Limbah RT

- 3) Di lubang tanah (cubluk) semula 8% di tahun 2015 menjadi 10% di tahun 2025
 - 4) Ke sarana pembuangan air limbah (SPAL) semula 11% di tahun 2015 menjadi 35% di tahun 2025
2. **Metode Perhitungan** menggunakan pedoman IPCC 2006, dengan beberapa ketentuan yang ada dalam pedoman tersebut, sebagai berikut:

Perhitungan Nilai BOD₅ :

- Nilai BOD₅ digunakan angka rata-rata dari penduduk berpendapatan tinggi (20%) berpendapatan sedang (40%) dan berpendapatan rendah (20%) sebagai berikut
 - Jumlah penduduk tahun 2013 = 242.376.900 orang
 - Penduduk berpenghasilan tinggi: 20% x 242.376.900 = 48.475.380 orang
 - Penduduk berpenghasilan menengah = 40% x 242.376.900 = 96.950.760
 - Penduduk berpenghasilan rendah: 40% x 242.376.900 = 96.950.760 orang
 - Maka BOD₅ rata-rata adalah:

$$\frac{(48.475.380 \times 43,9) + (96.950.760 \times 31,7) + (96.950.760 \times 26,8)}{242.376.900}$$

- BOD rata rata = 32,18 gram/orang/hari

Perhitungan CH₄

Maksimum CH₄ yang dihasilkan = 0,6 Kg CH₄/Kg BOD (IPCC, 2006)

Faktor Koreksi Metana mengacu pada Tabel 3 untuk pengelolaan limbah domestik, sebagai berikut:

- Pembuangan limbah ke sungai atau danau = 0,1
- Tangki Septik = 0,5
- Cubluk = 0,1 - 0,7 (digunakan 0,5)
- Pengolahan terpusat dengan metode aerobic = 0
- Pengolahan terpusat Pengolahan terpusat dengan metode *anerobic* dengan pemanfaatan gas metan = 0

Emisi GRK Sektor Air Limbah Rumah Tangga skenario BAU

Berdasarkan jumlah penduduk dengan berbagai cara pengelolaan limbahnya secara BAU (Tabel 3), BOD rata-rata penduduk Indonesia dan faktor koreksi metana, serta berdasarkan jenis pengelolaan limbah maka dapat dihitung GRK dari sektor pengelolaan limbah rumah tangga dengan menggunakan persamaan 1, 2, 3 sampai tahun 2023 sebesar 15,53 Juta Ton CO₂ Eq (Tabel 5).

Emisi GRK Sektor Air Limbah Rumah Tangga skenario Mitigasi

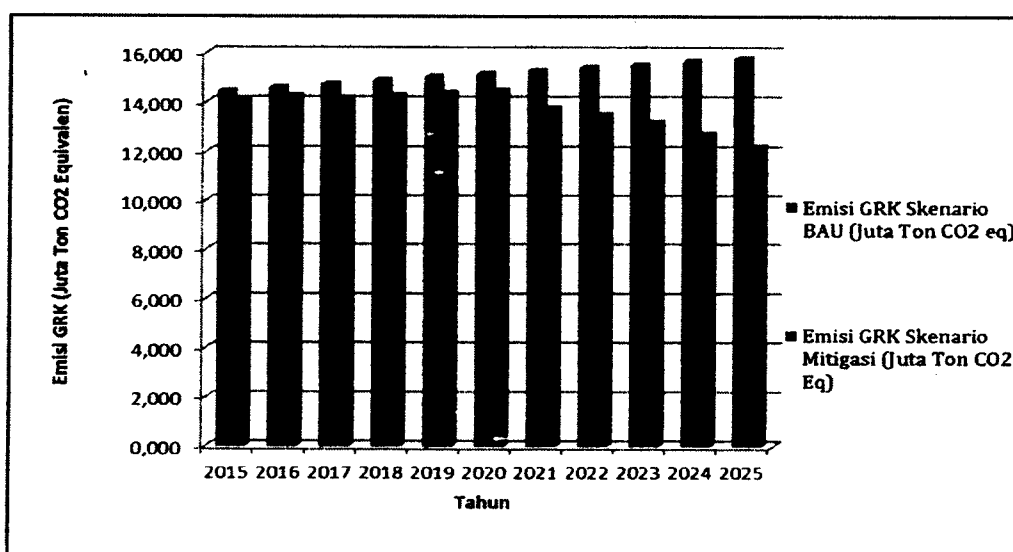
Pada skenario mitigasi terjadi perubahan pada komposisi jumlah penduduk berdasarkan jenis pengelolaan limbah (Tabel 4). Presentase rumah tangga yang membuang limbah ke septik tank berkurang secara bertahap dan digantikan dengan pengelolaan secara terpusat dan secara komunal. Dengan demikian maka terjadi pula perubahan pada faktor koreksi metana. Dengan asumsi bahwa pengelolaan terpusat yang dibangun menggunakan metode aerobik dan pengelolaan komunal menggunakan metode anaerobik (bio digester) dengan pemanfaatan metana dimana keduanya mempunyai faktor koreksi metana = 0 (nol), maka emisi GRK sektor pengelolaan limbah rumah tangga dengan skenario mitigasi sampai tahun 2023 sebesar 13,20 Juta Ton CO₂ Eq (Tabel 6). Emisi GRK sektor pengelolaan air limbah dengan skenario BAU dan mitigasi dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari Gambar 2 tersebut terlihat bahwa target penurunan emisi GRK sektor air limbah, berdasarkan Rencana Aksi Nasional Penurunan Gas Rumah Kaca

(Perpres No 11 Tahun 2011), sebesar 2 Juta ton CO₂ ekuivalen dari angka BAU, baru dapat dicapai pada tahun 2022-2023 atau dua tahun lebih lama dari target dalam Perpres tersebut. Hal itu disebabkan karena penulis melakukan skenario mitigasi dengan target yang lebih realistis, dimana pembangunan pengolahan air limbah terpusat dan komunal memerlukan biaya yang besar. Namun demikian, target penurunan GRK Sektor Air Limbah sesuai RAN sebesar 2 Juta ton CO₂ ekuivalen dari angka BAU dapat dicapai pada tahun 2020 sebesar 20,03 juta ton yaitu dengan simulasi sebagai berikut:

- a. Menggunakan *septic tank* semula 66% di tahun 2015 menjadi 57% di tahun 2025 (penurunan penggunaan *septic tank* 1% setiap tahun)
- b. Di lubang tanah (cubluk) semula 8% di tahun 2015 menjadi 4 % di tahun 2025 (penurunan penggunaan cubluk 1 % setiap tahun sampai dengan tahun 2020)
- c. Ke sarana pembuangan air limbah (SPAL) semula 11% di tahun 2015 menjadi 32% di tahun 2025 (kenaikan penggunaan SPAL 2% setiap tahun semenjak tahun 2016)

Walaupun berdasarkan Undang Undang No 32 tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah dan Peraturan Pemerintah No 38 tahun 2007 tentang pembagian kewenangan antara Pemerintah Pusat Pemerintah Provinsi dan Pemerintah Kota/Kabupaten, urusan pembangunan sarana pengelolaan air limbah adalah kewajiban Pemerintah Kota dan Kabupaten, namun Perpres No 61 tahun 2011 Pasal 2 menyebutkan bahwa pendanaan untuk RAN-GRK bisa dibebankan pada APBN dan APBD, sehingga penurunan GRK bisa dicapai sesuai target yaitu pada tahun 2020.



Gambar 2 Grafik EMISI GRK Sektor Pengelolaan Air Limbah

Tabel 5 Perhitungan Emisi Grk Sektor Air Limbah Rumah Tangga Dengan Skenario Bussines As Ussual (Bau)

TAHUN	Jumlah Penduduk	BOD / tahun		BOD/Tahun ke Septik Tank		Emisi CH ₄ dari Septik Tank		BOD/Tahun ke Sungai / Danau, dll		Emisi CH ₄ dari Sungai/ Danau		BOD, Tahun ke Lubang (Cubluk)		Emisi CH ₄ dari Lubang (Cubluk)		Total CH ₄ dihasilkan		Total GRK dihasilkan	
		Kilogram	Kg	Kg	Kg	Kg CH ₄	Kg	Kg CH ₄	Kg	Kg CH ₄	Kg	Kg CH ₄	Kg	Kg	Kg	Kg CH ₄	Kg	Kg	Kg CO ₂ Eq *
2015	247,623,200	2,908,507,820	1,919,615,161	575,884,548	610,786,642	36,647,199	250,131,673	75,039,502	687,571,249	14,438,996,223									
2016	250,177,900	2,938,514,560	1,939,419,610	581,825,883	617,088,058	37,025,283	252,712,252	75,813,676	694,664,842	14,587,961,682									
2017	252,660,000	2,967,903,476	1,958,816,294	587,644,888	623,259,730	37,395,584	255,239,699	76,571,910	701,612,382	14,733,860,016									
2018	255,108,300	2,996,425,559	1,977,640,869	593,292,261	629,249,367	37,754,962	257,692,598	77,307,779	708,355,002	14,875,455,047									
2019	257,455,100	3,023,990,368	1,995,833,643	598,750,093	635,037,977	38,102,279	260,063,172	78,018,951	714,871,323	15,012,297,783									
2020	259,721,800	3,050,614,346	2,013,405,469	604,021,641	640,629,013	38,437,741	262,352,834	78,705,850	721,165,231	15,144,469,861									
2021	261,954,700	3,076,841,320	2,030,715,271	609,214,581	646,136,677	38,768,201	264,608,354	79,382,506	727,365,288	15,274,671,048									
2022	264,154,300	3,102,677,162	2,047,766,927	614,330,078	651,562,204	39,093,732	266,830,236	80,049,071	733,472,881	15,402,930,501									
2023	266,318,500	3,128,097,205	2,064,544,156	619,363,247	656,900,413	39,414,025	269,016,360	80,704,908	739,482,179	15,529,125,767									
2024	268,447,400	3,153,102,626	2,081,047,733	624,314,320	662,151,551	39,729,093	271,166,826	81,350,048	745,393,461	15,653,262,677									
2025	270,538,400	3,177,662,885	2,097,257,504	629,177,251	667,309,206	40,038,552	273,279,008	81,983,702	751,199,506	15,775,189,626									

Sumber: Perhitungan

*) : 1 KgCH₄ = 21 CO₂ ekuivalen

Tabel 6 Perhitungan Emisi Grk Sektor Air Limbah Rumah Tangga Dengan Skenario Mitigasi

TAHUN	Jumlah Penduduk	POD/Tahun ke Septik Tank		Emisi CH ₄ dari Septik Tank		BOD/Tahun ke Sungai / Danau		Emisi CH ₄ dari Sungai Danau		BOD/Tahun ke Lubang (Cubluk)		Emisi CH ₄ dari Lubang (Cubluk)		Total CH ₄ dihasilkan		Total GRK dihasilkan	
		Kg	Kg	Kg CH ₄	Kg CH ₄	Kg	Kg	Kg CH ₄	Kg CH ₄	Kg	Kg	Kg CH ₄	Kg CH ₄	Kg	Kg	Kg CO ₂ Eq	Kg CO ₂ Eq
2015	247,623,200	1,919,615,161	1,910,034,464	575,884,548	573,010,339	436,276,173	293,851,456	26,176,570	17,631,087	232,680,626	69,804,188	88,155,437	671,865,306	14,109,171,436			
2016	250,177,900	1,899,458,225	1,887,748,102	566,324,431	562,462,208	293,851,456	267,111,313	16,026,679	14,382,843	293,851,456	89,037,104	89,037,104	678,796,863	14,254,734,131			
2017	252,680,000	1,874,874,028	1,830,368,608	549,110,582	507,678,818	239,714,045	153,842,066	10,982,212	9,230,524	329,606,812	98,882,043	108,863,653	679,589,317	14,271,375,654			
2018	257,455,100	1,644,418,896	1,595,329,575	493,325,669	478,598,872	211,679,326	157,655,131	12,700,760	9,384,292	427,086,008	128,125,803	138,457,859	684,026,621	14,364,559,046			
2019	259,721,800	1,576,551,313	1,588,831,442	472,965,394	476,649,433	183,036,861	158,883,144	10,982,212	9,459,308	461,526,198	138,457,859	139,620,472	688,218,597	14,452,590,527			
2020	261,954,700	1,644,418,896	1,595,329,575	493,325,669	478,598,872	153,842,066	157,655,131	9,230,524	9,308,031	465,401,574	138,457,859	139,620,472	655,367,201	13,762,711,223			
2021	264,544,300	1,576,551,313	1,588,831,442	472,965,394	476,649,433	155,133,858	158,883,144	9,308,031	9,384,292	469,214,581	140,764,374	140,764,374	628,747,538	13,487,337,621			
2022	266,318,500	1,588,831,442	1,588,831,442	476,649,433	476,649,433	156,404,860	157,655,131	9,384,292	9,459,308	409,903,341	122,971,002	122,971,002	605,395,704	13,203,698,304			
2023	268,447,400	1,588,831,442	1,588,831,442	476,649,433	476,649,433	157,655,131	158,883,144	9,459,308	9,532,989	317,766,288	95,329,887	95,329,887	581,512,308	12,713,309,789			
2024	270,538,400																
2025																	

Sumber: Perhitungan

*): 1 KgCH₄ = 21 CO₂ ekuivalen

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan didapatkan hasil bahwa dengan skenario mitigasi di atas maka terdapat penurunan jumlah emisi GRK sebagai berikut:

Tahun 2020: Emisi GRK BAU adalah sebesar 15,114 Juta Ton CO₂ Eq; Emisi GRK Mitigasi adalah sebesar 14,452 Juta Ton CO₂ Eq, terjadi penurunan sebesar 0,69 Juta Ton.

Tahun 2021: Emisi GRK BAU adalah sebesar 15,27 Juta Ton CO₂ Eq; Emisi GRK Mitigasi adalah sebesar 13,76 Juta Ton CO₂ Eq, terjadi penurunan sebesar 1,5 Juta Ton.

Tahun 2022: Emisi GRK BAU adalah sebesar 15,40 Juta Ton CO₂ Eq; Emisi GRK Mitigasi adalah sebesar 13,48 Juta Ton CO₂ Eq, terjadi penurunan sebesar 1,9 Juta Ton.

Tahun 2023: Emisi GRK BAU adalah sebesar 15,53 Juta Ton CO₂ Eq; Emisi GRK Mitigasi adalah sebesar 13,20 Juta Ton CO₂ Eq, terjadi penurunan sebesar 2,32 Juta Ton

Tahun 2024: Emisi GRK BAU adalah sebesar 15,65 Juta Ton CO₂ Eq; Emisi GRK Mitigasi adalah sebesar 12,71 Juta Ton CO₂ Eq, terjadi penurunan sebesar 2,93 Juta Ton.

Tahun 2024: Emisi GRK BAU adalah sebesar 15,77 Juta Ton CO₂ Eq; Emisi GRK Mitigasi adalah sebesar 12,11 Juta Ton CO₂ Eq, terjadi penurunan sebesar 3,56 Juta Ton.

Target penurunan emisi GRK sektor air limbah, berdasarkan Rencana Aksi Nasional Penurunan Gas Rumah Kaca (Perpres No 11 Tahun 2011), sebesar 2 Juta ton CO₂ ekuivalen dari angka BAU, baru dapat dicapai pada tahun 2022-2023 atau dua tahun lebih lama dari target dalam Perpres tersebut. Namun demikian, target penurunan GRK Sektor Air Limbah sesuai RAN sebesar 2 Juta ton CO₂ ekuivalen dari angka BAU dapat dicapai pada tahun 2020 sebesar 20,03 juta ton yaitu dengan simulasi sebagai berikut: Menggunakan *septic tank* semula 66% di tahun 2015 menjadi 57% di tahun 2025 (penurunan penggunaan *septic tank* 1% setiap tahun).

Di lubang tanah (*cubluk*) semula 8% di tahun 2015 menjadi 4% di tahun 2025 (penurunan penggunaan *cubluk* 1% setiap tahun sampai dengan tahun 2020).

Kesarana pembuangan air limbah (SPAL) semula 11% di tahun 2015 menjadi 32% di tahun 2025 (kenaikan penggunaan SPAL 2% setiap tahun semenjak tahun 2016).

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Departemen Kesehatan, 2103, *Riset Kesehatan Dasar Tahun 2013*.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2011, *Pedoman Pelaksanaan Rencana Aksi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca*.
- Badan Perencanaan Pembangunan Nasional-Badan Pusat Statistik *Proyeksi, UNFPA, 2013, Proyeksi Penduduk Indonesia 2010-2035*
- Clement, Ami C, Andrew C. Baker, dan Julie Leloup, 2010. *Climate Change: Patterns of Tropical Warming*. *Natural Geoscience*, 3 (2010) page 8-9.
- Darwin, Roy. 2004. *Effects of Greenhouse Gas Emissions on World Agriculture, Food Consumption, and Economic Welfare*. *Journal of Climate Change*, 66(2004) page 191-238.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006, *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories vol 5: Waste*.
- Kementrian Negara Lingkungan Hidup, 2009, *Emisi Gas Rumah Kaca dalam Angka*.
- Peraturan Presiden (PP) No.61 tahun 2011 tentang *Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK)*
- Peraturan Pemerintah No 38 tahun 2007 tentang *Pembagian Kewenangan antara Pemerintah Pusat Pemerintah Provinsi dan Pemerintah Kota/Kabupaten*,
- Peraturan Menteri PU Nomor 11/Prt/M/2012 tentang *Rencana Aksi Nasional Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim Tahun 2012-2020*
- Rukaesih, Achmad. 2004. *Kimia Lingkungan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Republik Indonesia, Undang Undang No 32 tahun 2004 *tentang Pemerintahan Daerah dan Peraturan Pemerintah No 38 tahun 2007 tentang pembagian kewenangan antara Pemerintah Pusat Pemerintah Provinsi dan Pemerintah Kota/Kabupaten*
- Republik Indonesia, Undang-Undang Nomor 6 Tahun 1994 *Tentang Ratifikasi Konvensi Dunia Mengenai Perubahan Iklim Melalui Pengesahan United Nations Framework Convention On Climate Change*
- Undang Undang No 32 tahun 2004 *tentang Pemerintahan Daerah*.