

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pemanasan Global

Berdasarkan United State *Environmental Protection Agency* (US EPA), pemanasan global didefinisikan sebagai peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi akibat adanya emisi gas rumah kaca (GRK). Pemanasan global ini menjadi masalah yang penting dan kritis yang sedang dihadapi oleh dunia saat ini (Freije, 2017).

Pemanasan global dimulai dari tahun 1880. Selama 130 tahun pemanasan global terjadi (hingga tahun 2012), rata-rata peningkatan suhu permukaan bumi mencapai angka 0.85°C per tahun dan diprediksi akan terus meningkat. Disamping meningkatkan suhu rata-rata permukaan bumi, pemanasan global juga dapat menyebabkan bencana alam seperti meningkatnya permukaan air laut dan menyebabkan banjir di daerah pesisir, kekeringan akan terjadi di beberapa daerah, badai yang dapat merusak lingkungan, menyebabkan gangguan kesehatan yang parah, menyebabkan kurangnya pasokan makanan, dan lain sebagainya (Awanthi, 2017).

Menurut Ramlan (2002) dampak yang terjadi akibat adanya pemanasan global antara lain :

- a. Menipis dan mencairnya es di kutub utara dan selatan yang menyebabkan naiknya permukaan air laut.
- b. Cuaca yang sangat ekstrim dapat menyebabkan kebakaran hutan, hujan yang sangat lebat, angin topan secara tiba-tiba, serta banjir mendadak.
- c. Adanya bencana alam dan perubahan lingkungan juga mengakibatkan migrasi besar-besaran penduduk asli suatu wilayah dan juga migrasi binatang.
- d. Terjangkitnya wabah dan penyakit baru serta mematikan akibat polusi yang kian bertambah.

2.2. Gas Rumah Kaca

2.2.1. Definisi Gas Rumah Kaca

Definisi Gas Rumah Kaca (GRK) menurut EPA (2017) adalah gas-gas yang terperangkap panas di atmosfer dan dapat menyebabkan kenaikan suhu rata-rata bumi (mengakibatkan pemanasan global). Gas rumah kaca memiliki fungsi seperti kaca yang terdapat pada rumah kaca yaitu meneruskan cahaya matahari tetapi menangkap energi panas dari dalamnya. Semakin besar konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer maka semakin besar energi panas yang terperangkap di bumi (Latuconsina, 2010).

2.2.2. Jenis Gas Rumah Kaca

Terdapat 6 senyawa GRK yang disepakati dalam Protokol Kyoto, yaitu karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), dinitrogenoksida (N_2O), chloro-fluoro-carbon (CFC), hidro-fluoro-carbon (HFCs), dan sulfur heksafluorida (SF_6). Hal tersebut juga tercantum dalam Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 71 Tahun 2011 Tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.

a. Karbondioksida (CO_2)

Karbondioksida (CO_2) adalah gas alami yang terdapat di alam dengan jumlah yang sedikit dan toksisitas yang rendah. Udara ambien mengandung kurang lebih 0,03% karbondioksida. Awal mulanya karbondioksida berjumlah sangat besar di bumi (40.000 kali jumlah karbondioksida saat ini), yang diakibatkan oleh letusan gunung berapi. Sekitar 25% dari seluruh senyawa yang terbentuk dari karbon dioksida (magnesium dan kalsium) digunakan oleh tumbuhan dan kemudian terkubur oleh batuan. Sehingga sebagian kecil dari tumbuhan yang terkubur batuan tersebut menjadi pasir, kantong gas bumi, dan juga batubara lalu digunakan oleh manusia sebagai bahan bakar fosil (Susana, 1988).

b. Metana (CH_4)

Metana (CH_4) adalah komponen utama gas alam. Metana dapat terbentuk akibat peristiwa alami ataupun akibat aktivitas manusia. Metana merupakan komponen utama gas alam dan saat ini menjadi salah satu penyebab penipisan lapisan ozon. Artadi (2013) menyebutkan bahwa metana yang terbentuk dari aktivitas manusia diemisikan dari kegiatan budidaya padi, ternak ruminansia, tempat pemrosesan akhir, dan ekstraksi bahan bakar fosil. Sedangkan emisi metan dari peristiwa alami meliputi lahan basah, sumber geologi, dan rayap.

c. Dinitrogen oksida (N_2O)

Dinitrogen oksida memiliki konsentrasi rata-rata yang terus meningkat dari tahun 1978 hingga tahun 2010 pada angka 0,2 sampai 0,3% setiap tahunnya. Aktivitas yang mendukung naiknya konsentrasi dinitrogen oksida di atmosfer antara lain pemupukan tanah, penggunaan lahan, pembakaran biomassa, serta pembakaran bahan bakar fosil (Artadi, 2013).

d. Gas Terfluorinasi

Gas-gas yang termasuk ke dalam gas terfluorinasi adalah chloro-fluoro-carbon (CFC), hidro-fluoro-carbon (HFCs), dan sulfur heksafluorida (SF_6). Gas tersebut merupakan gas rumah kaca sintetik dipancarkan oleh berbagai proses energi dan memiliki daya serap panas yang kuat dikarenakan memiliki nilai *Global Warming Potential* yang tinggi (Artadi, 2013).

Setiap jenis gas rumah kaca memiliki waktu tinggal yang berbeda-beda. Semakin lama waktu tinggal gas rumah kaca di atmosfer, semakin efektif pengaruhnya terhadap peningkatan suhu rata-rata bumi (Latuconsina, 2010). Tabel 2.1 menunjukkan lama waktu tinggal dari masing-masing gas rumah kaca (IPCC, 2007).

Tabel 2.1 Lama Waktu Tinggal Gas Rumah Kaca

Nama Gas	Waktu Tinggal Di Atmosfer (Tahun)
Karbon Dioksida (CO ₂)	5-2.000
Metana (CH ₄)	12
Dinitrogen Oksida (N ₂ O)	144

Sumber : IPCC, 2007

Karbon Dioksida (CO₂), Metana (CH₄) , dan Dinitrogen Oksida (N₂O) merupakan gas yang termasuk dalam golongan gas rumah kaca berumur panjang (*long-lived greenhouse gases* atau LLGHGs). Gas yang termasuk ke dalam LLGHGs adalah gas yang menjadi kontributor utama perubahan iklim (WMO, 2014).

2.2.3. Efek Rumah Kaca

Efek rumah kaca yaitu efek panas yang ditimbulkan dari penyerapan pancaran radiasi gelombang panjang matahari oleh gas rumah kaca yang berada pada lapisan atmosfer bawah dekat dengan permukaan bumi. Efek rumah kaca dibutuhkan oleh bumi dalam keadaan normal untuk menjaga keseimbangan suhu bumi. Artinya dengan adanya efek rumah kaca, suhu rata-rata permukaan bumi yang sedang tidak terkena sinar matahari tidak terlalu rendah (KLH, 2012).

2.3. Jejak Karbon

Jejak karbon (*carbon footprint*) adalah suatu ukuran jumlah total emisi karbon dioksida baik secara langsung maupun tidak langsung yang berasal dari aktivitas atau akumulasi dari kegiatan sehari-hari (Wardhani, 2017). Jejak karbon terbagi menjadi 2 (dua) macam, yaitu jejak karbon primer dan jejak karbon sekunder.

a. Jejak karbon primer

Jejak karbon primer merupakan jejak karbon yang didapat dari hasil pembakaran bahan bakar fosil, sebagai contohnya penggunaan bahan bakar untuk kegiatan memasak dan transportasi (Wulandari, 2013).

1) Penggunaan bahan bakar untuk kegiatan memasak (penggunaan *Liquid Petroleum Gas*)

Emisi gas rumah kaca dari penggunaan bahan bakar untuk kegiatan memasak dihitung berdasarkan jenis dan jumlah bahan bakar yang digunakan. Bahan bakar untuk kegiatan memasak yang umum digunakan saat ini adalah *Liquid Petroleum Gas* (LPG) yang biasa dijumpai dalam bentuk tabung gas 3 kg atau 12 kg. LPG merupakan gas bumi yang dicairkan. Perhitungan jumlah emisi gas rumah kaca dari sektor penggunaan LPG dilakukan dengan mengkalikan nilai kalor atau konversi energi dan jumlah pemakaian bahan bakar lalu dikalikan dengan faktor emisi serta nilai *Global Warming Potential* (KLH, 2012). Emisi gas rumah kaca berupa gas N_2O terbentuk selama proses pembakaran melalui serangkaian reaksi dalam operasi industri minyak bumi. Proses pembentukannya tergantung pada banyak faktor, sehingga emisi N_2O sangat bervariasi dan juga berpengaruh terhadap proses pembentukan CH_4 . Emisi CH_4 dan N_2O dari sumber pembakaran secara kuantitas lebih rendah daripada emisi CO_2 (Martono, 2016).

2) Penggunaan bahan bakar untuk kegiatan transportasi

Jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari kegiatan transportasi ditentukan oleh jenis bahan bakar dan jumlah yang digunakan. Kendaraan bermotor menggunakan bahan bakar fosil agar dapat bergerak. Hasil dari pembakaran bahan bakar fosil yang digunakan menghasilkan emisi gas rumah kaca. Jumlah bahan bakar yang dikonsumsi biasanya terdata dalam satuan liter, selanjutnya direpresentasikan sebagai data aktivitas (DA). Lalu jenis bahan bakar direpresentasikan sebagai faktor emisi (FE). Jumlah bahan

bakar yang dikonsumsi terlebih dahulu dikonversi ke dalam satuan energi mega joule (MJ). Untuk mengubah ke satuan tera joule (TJ), maka dikalikan dengan konversi energi atau nilai kalor (KLH, 2012).

b. Jejak karbon sekunder

Jejak karbon sekunder adalah jumlah emisi karbon dioksida yang diemisikan secara tidak langsung, dihasilkan dari peralatan-peralatan elektronik yang menggunakan daya listrik (Wulandari, 2013).

1) Penggunaan listrik

Menurut Sutjahjo (2007), emisi gas rumah kaca dari pemakaian listrik dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar batu bara atau panas bumi (bahan bakar fosil) di pembangkit listrik. Polutan yang dihasilkan antara lain gas karbondioksida, SO_2 , serta NO_x yang dapat menyebabkan hujan asam. Polutan tersebut dihasilkan dari pembakaran batu bara yang akan digunakan untuk memanaskan air dalam boiler. Akibat air dalam boiler mendidih, maka akan menghasilkan uap air yang akan menggerakkan turbin dan generator. Akibat generator bergerak maka energi listrik akan dihasilkan. Perhitungan nilai emisi gas rumah kaca (CO_2 , CH_4 , dan N_2O) berdasarkan pemakaian listrik yang dapat dilihat dari pembelanjaan listrik fakultas (kWh) (Sprangers, 2011). Setelah didapatkan data pemakaian atau pembelanjaan listrik fakultas, kemudian untuk mendapatkan jumlah emisi dilakukan perhitungan dengan mengkalikan jumlah kWh dengan faktor emisi. Menurut Ecometrica (2011) faktor emisi dari listrik yang digunakan didapatkan melalui penjumlahan faktor emisi dari pembangkit dengan faktor kerugian transmisi dan distribusi (T&D). Perbandingan total emisi pembangkit listrik dengan jumlah total listrik yang dihasilkan oleh suatu negara yaitu faktor emisi dari pembangkit. Pada saat distribusi, ada sejumlah kWh yang hilang pada transmisi dan distribusi. Jumlah kWh yang hilang dikalikan

dengan faktor yang dihasilkan oleh pembangkit kemudian hasilnya dibagi total listrik yang dikonsumsi dinamakan faktor kerugian T&D.

Jejak karbon dihitung dalam ukuran unit ton CO₂ dan memberikan dampak pada kenaikan Gas Rumah Kaca (GRK). Jejak karbon ini dijadikan acuan untuk mengukur seberapa banyak emisi GRK yang dihasilkan dari suatu kegiatan sehari-hari, baik dari kegiatan industri, kegiatan rumah tangga dan lain sebagainya (Santoso, 2017).

2.4. Faktor Emisi

Perhitungan emisi GRK digunakan faktor emisi, dimana nantinya faktor emisi yang akan dikalikan dengan jumlah penggunaan bahan bakar sehingga akan didapatkan jumlah total emisi yang dikeluarkan. Sagala (2017) menyebutkan bahwa persamaan perhitungan jejak karbon adalah sebagai berikut :

$$\text{Emisi} = \text{DA} \times \text{FE}$$

dimana DA adalah data dari aktivitas yang dikaji dan FE adalah faktor emisi dari aktivitas yang dikaji.

Untuk mengukur emisi gas rumah kaca selain CO₂ (CH₄ dan N₂O) yang sebanding dengan CO₂ digunakan *Global Warming Potential* (GWP). GWP yaitu faktor yang digunakan untuk menghitung emisi gas rumah kaca yang relatif terhadap CO₂ (CO₂ eq) (IPCC, 2007). Tabel 2.2 menyajikan GWP untuk radiasi dalam jangka waktu 100 tahun (IPCC, 2014).

Tabel 2.2 Nilai *Global Warming Potential* (GWP)

No	Gas Rumah Kaca	Nilai GWP
1	Karbondioksida (CO ₂)	1
2	Metana (CH ₄)	28
3	Dinitrogen oksida (N ₂ O)	265

Sumber : IPCC, 2014

2.5. Acuan Penelitian Terdahulu

Sebelum penelitian ini dilakukan, telah dilakukan beberapa penelitian yang serupa dengan penelitian yang akan dilakukan. Berikut adalah beberapa acuan penelitian yang digunakan oleh penulis :

Tabel 2.3 Acuan Penelitian Sebelumnya

No	Tahun	Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1	2015	Tatsanawalai Utaraskul	<i>Carbon Footprint of Environmental Science Students in Sunandha Rajabhat University, Thailand</i>	Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, mahasiswa ilmu lingkungan menyumbangkan emisi gas rumah kaca sebesar 0.39 - 8.25 ton CO ₂ eq/tahun. Penyumbang emisi gas rumah kaca terbesar berasal dari penggunaan alat-alat listrik yaitu sebesar 1.05 ton CO ₂ eq/tahun diikuti dengan konsumsi makanan yaitu sebesar 0.7 ton CO ₂ eq/tahun dan transportasi sebesar 0.4 ton CO ₂ eq/tahun. Responden penelitian yaitu mahasiswa ilmu lingkungan tahun kedua sebanyak 35 orang dan perhitungan dilakukan dengan menggunakan <i>Web-base Thai carbon footprint calculator</i> .
2	2017	Karin Kandananond	<i>The Greenhouse Gas Accounting of A Public Organization : The Case of A Public University in Thailand</i>	Pengukuran emisi gas rumah kaca dilakukan di Universitas Valaya Alongkorn Rajabhat, Thailand. Peneliti hanya memfokuskan penelitian di penggunaan bahan bakar dan konsumsi listrik. Emisi gas rumah kaca yang dikeluarkan dari konsumsi listrik seluruh gedung selama 5 bulan terakhir yaitu sebesar 651.158 kgCO ₂ dan dari konsumsi bahan bakar untuk kendaraan operasional sebesar 12.445 kgCO ₂ .

No	Tahun	Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
3	2017	Elfebri Pasca Wardani, Endro Sutrisno, Budi P. Samadikun	Penentuan Nilai Jejak Karbon (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) Dari Aktivitas Kampus Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro	Emisi gas rumah kaca yang dihitung yaitu emisi CO ₂ , CH ₄ , dan N ₂ O dari penggunaan LPG, konsumsi listrik, transportasi, pemakaian kertas, dan timbulan sampah yang dihasilkan di FMIPA UNDIP. Responden berasal dari mahasiswa sebanyak 100 orang, staf kependidikan sebanyak 48 orang, dan dosen sebanyak 65 orang. Hasilnya didapatkan nilai jejak karbon yang dihasilkan dari seluruh kegiatan tersebut adalah 468.059 ton CO ₂ eq.
4	2017	Septyn Sagala, Endro Sutrisno, Pertiwi Andarani	Kajian Jejak Karbon Dari Aktivitas Kampus di Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang	Emisi gas rumah kaca yang dihitung yaitu emisi CO ₂ , CH ₄ , dan N ₂ O dari penggunaan LPG, konsumsi listrik, transportasi, pemakaian kertas, dan timbulan sampah yang dihasilkan di FT UNNES. Responden berasal dari mahasiswa sebanyak 40 orang, staf kependidikan sebanyak 64 orang, dan dosen sebanyak 98 orang. Hasilnya didapatkan nilai jejak karbon yang dihasilkan dari seluruh kegiatan tersebut pada tahun 2015 adalah 1618001.473 kg CO ₂ eq.
5	2017	Nurhayati	Kajian Jejak Karbon Aktivitas Kampus Universitas Satya Negara Indonesia (USNI) Jakarta	Emisi gas rumah kaca yang dihitung yaitu emisi CO ₂ , CH ₄ , dan N ₂ O dari penggunaan LPG, konsumsi listrik, transportasi, pemakaian kertas, dan timbulan sampah yang dihasilkan di USNI, Jakarta. Hasilnya didapatkan nilai jejak karbon yang dihasilkan dari seluruh kegiatan tersebut pada tahun 2015 adalah 1644.072 ton CO ₂ eq.