

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca merupakan gas yang ada di atmosfer bumi dengan kemampuan menyerap serta memancarkan kembali radiasi infra merah dari sinar matahari. Gas rumah kaca pada atmosfer bumi ada secara alami yang memiliki fungsi sangat penting untuk kehidupan di bumi. Fungsi dari gas rumah kaca adalah untuk menjaga suhu permukaan bumi pada kisaran 15°C , apabila tidak ada gas rumah kaca pada bumi, suhu permukaan bumi bisa mencapai -18°C (Jatmiko, 2016).

Gas-gas yang masuk dalam golongan gas rumah kaca adalah CO_2 , CH_4 , N_2O dan gas-gas yang terfluorinasi (F-gas) yang meliputi kelompok gas *perfluorocarbon* (PFCs), kelompok gas *hydrofluorocarbon* (HFCs) dan *sulphur hexafluoride* (SF_6) dan senyawa perusak lapisan ozon. *Global Warming Potential* merupakan potensi gas untuk menyebabkan pemanasan global yang diukur secara relatif berdasarkan emisi CO_2 dengan nilai satu. Setiap gas rumah kaca memiliki *global warming potential* (GWP) yang berbeda-beda, angka GWP yang semakin tinggi akan semakin menyebabkan pemanasan global (Jatmiko, 2016). Berikut ini nilai GWP beberapa gas rumah kaca.

Tabel 1. Gas Rumah Kaca dan Potensi Pemanasan Global (Tim CFP IPB, 2019).

No	Gas Rumah Kaca (GRK)	Potensi Pemanasan Global	
		SAR	AR5
1	Karbondioksida (CO ₂)	1	1
2	Metana (CH ₄)	21	28
3	Nitro oksida (N ₂ O)	310	265
4	Hydrofluorocarbon (HFCs)	140 – 11.700	138 – 12.400
5	Perfluorocarbon (PFCs)	7.000 – 9.200	7.910 – 11.100
6	Sulfur Hexafluoride (SF ₆)	23.900	23.500

Catatan : SAR = *Second Assessment Report*, AR5 = *Assessment Report 5*

Gas CH₄ memiliki nilai GWP sebesar 21 menurut SAR, artinya setiap unit gas CH₄ memiliki efektivitas 21 kali dibanding CO₂ dalam mencegah radiasi infra merah lepas dari atmosfer bumi. Gas CO₂ pada atmosfer bumi memiliki konsentrasi paling tinggi. Gas CH₄ dihasilkan dari proses dekomposisi bahan-bahan organik oleh mikroba anaerob. Gas CH₄ menjadi penyebab utama nomor 2 terjadinya pemanasan global setelah CO₂. Aktivitas yang dilakukan oleh manusia memiliki kontribusi sebesar 70% terhadap emisi CH₄ (Jatmiko, 2013).

Kelompok gas CFCs dan HCFCs memiliki peran yang berbeda sebagai penyebab pemanasan global. Senyawa yang tergabung dalam kelompok gas tersebut akan mengurangi konsentrasi ozon di atmosfer dengan mendekomposisi ozon menjadi senyawa lain. Kelompok gas *chlorofluorocarbon* yang banyak digunakan sebagai pendingin pada lemari es maupun sebagai bahan pembakar pada penggunaan aerosol merupakan kelompok gas yang paling terkenal sebagai perusak ozon. Gas ini akan bereaksi dengan sinar ultraviolet dan terdekomposisi menjadi atom atau senyawa yang lebih kecil dan ringan ketika gas *chlorofluorocarbon* terlepas

di udara.

Keberadaan ozon di atmosfer sangat penting dalam menjaga kestabilan suhu bumi. Salah satu fungsi ozon adalah sebagai pengurai CH_4 pada atmosfer. Konsentrasi CH_4 akan menurun karena bereaksi oleh radikal $\text{OH}^\cdot$. Radikal ini merupakan oksidator paling besar yang ada pada lapisan troposfer pada atmosfer bumi. Konsentrasi CH_4 akan menurun apabila konsentrasi $\text{OH}^\cdot$ meningkat, begitu pula sebaliknya. Konsentrasi $\text{OH}^\cdot$ dipengaruhi oleh radiasi ultraviolet, konsentrasi ozon dan jumlah uap air (Wahyudi, 2016).

Gas-gas yang berada di atmosfer bumi akan menyerap sebagian panas matahari sehingga panas tersebut terperangkap di atmosfer bumi. Peristiwa ini disebut sebagai efek rumah kaca atau *green house effect* (GHE) karena sama halnya dengan rumah kaca, panas yang masuk akan terperangkap di dalamnya dan tidak menembus ke luar. Pemanasan global merupakan naiknya suhu permukaan bumi secara global terhadap rata-rata catatan pada kurun waktu standar (menurut Badan Meteorologi Dunia : 30 tahun). Efek rumah kaca merupakan fenomena yang penting untuk kehidupan di bumi, namun kegiatan manusia terutama dalam penggunaan bahan bakar fosil telah meningkatkan konsentrasi gas-gas rumah kaca dengan berlebihan (Surtani, 2015).

B. Jejak Karbon

Jejak karbon (*carbon footprint*) merupakan ukuran jumlah total emisi karbon dioksida yang disebabkan oleh suatu kegiatan secara langsung maupun tidak langsung (Sagala dkk., 2017). Jejak karbon dihitung dari berbagai sumber emisi, yaitu penggunaan bahan bakar fosil berupa minyak bumi atau gas alam. Bahan bakar fosil dapat menghasilkan karbon dioksida secara langsung apabila digunakan (Constantia, 2022).

Jejak karbon merupakan konsep yang penting untuk memahami total kontribusi negara, sektor maupun perorangan pada perubahan iklim. Perubahan pola konsumsi menjadi salah satu faktor penting dalam pembatasan jejak karbon. Jejak karbon merupakan ukuran dampak aktivitas suatu entitas dengan menghitung jumlah emisi gas rumah kaca yang diproduksi melalui pembakaran bahan bakar fosil dalam bentuk CO₂ dalam ton. Jejak karbon digunakan secara luas untuk mengukur emisi karbon yang dihasilkan secara langsung maupun tidak langsung dari aktivitas konsumsi manusia (Rahayu dkk., 2023).

Jejak karbon biasanya dinyatakan dalam satuan ton karbon atau ton karbondioksida ekuivalen. Besar nilai jejak karbon menjadi sebuah ukuran aktivitas manusia yang berdampak bagi lingkungan. Jejak karbon menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara kualitas udara dengan aktivitas manusia. Semakin banyak aktivitas yang dilakukan manusia, akan semakin banyak juga energi yang digunakan, sehingga semakin besar total jejak karbonnya (Admaja dkk., 2018).

Jumlah jejak karbon yang dihasilkan berdampak secara langsung pada suhu permukaan bumi atau yang dikenal sebagai fenomena pemanasan global. Untuk mencegah bertambah parahnya fenomena tersebut perlu dilakukan penekanan jejak karbon dari aktivitas manusia di bumi. Jejak karbon individu perlu dibatasi untuk membantu mengurangi jumlah jejak karbon di bumi (Mawardi dkk., 2022).

Laporan jejak karbon dunia yang dibuat oleh European Commission tahun 2024 menunjukkan total emisi karbon dunia pada tahun 2023 mencapai 53 Gt CO₂eq yang mana nilai ini meningkat sebesar 1,9% dari tahun 2022. Laporan tersebut juga menunjukkan rata-rata jejak karbon negara Indonesia pada tahun 2023 mencapai 1200,200 Mt CO₂eq/tahun. Rata-rata jejak karbon per kapita negara Indonesia mencapai 4,287 ton CO₂eq/kapita/tahun. Dibandingkan dengan data jejak karbon tahun 2022, peningkatan jejak karbon disebabkan oleh sektor industri tenaga listrik yang mengalami peningkatan sebesar 6% dari tahun 2022 dan sektor eksploitasi bahan bakar yang mengalami peningkatan sebesar 11% dari tahun 2022 (European Commission, 2024).

Penelitian sebelumnya pada tahun 2013 mengenai jejak karbon civitas Universitas Atma Jaya Yogyakarta menunjukkan rata-rata jejak karbon mahasiswa sebesar 5164,44 gram CO₂eq/hari yang mana setara dengan 1,884 ton CO₂eq/tahun. Kelompok dosen memiliki rata-rata jejak karbon sebesar 5625,10 gram CO₂eq/hari yang setara dengan 2,056 ton

CO₂eq/tahun dan karyawan sebesar 3871,55 gram CO₂eq/hari yang setara dengan 1,413 ton CO₂eq/tahun. Rata-rata jejak karbon paling tinggi dari anggota civitas akademika UAJY adalah dosen diikuti oleh mahasiswa kemudian karyawan. Menurut penelitian tersebut, faktor yang mempengaruhi besar emisi jejak karbon harian civitas akademika UAJY adalah pekerjaan (profesi) dari responden sebagai mahasiswa, dosen atau karyawan (Hardiyanti, 2013).

Adapun ambang batas jejak karbon individu pada wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta pada tahun 2021 sebesar 0,08 tCO₂-eq. Sedangkan ambang batas jejak karbon individu nasional untuk Indonesia pada tahun yang sama yaitu 36,2 tCO₂-eq. Angka ini didapatkan dari jumlah tutupan lahan daratan dan pesisir dengan cadangan karbon daratan dan pesisir (hutan, sawah, mangrove dan tanaman), kemudian diperoleh total potensi serapan dan penyimpanan karbon dengan satuan tCO₂-eq. Angka tersebut kemudian dibagi jumlah masing-masing jumlah penduduk regional maupun nasional. Dari hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta sudah tidak dapat menyerap emisi karbon dari penduduknya (Mawardi dkk., 2022).

Data jejak karbon individu nasional dapat diperoleh dari data emisi karbon per tahun berdasarkan laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GKR) dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dibagi dengan jumlah penduduk berdasarkan data Badan Pusat Statistik Nasional. Berdasarkan perhitungan

tersebut, pada tahun 2018 besar jejak karbon individu nasional sebesar 6,20 tCO₂-eq. Angka ini didapatkan dari pembagian emisi per tahun 2018 sebesar 1.637.156 dibagi jumlah penduduk tahun 2018 yaitu 264.161,70 (Mawardi dkk., 2022).

Kontribusi sektor aktivitas manusia pada emisi karbon dapat diidentifikasi secara lebih detail, sebagai contoh sektor transportasi jalan darat menjadi contributor paling besar. Pada sektor energi, perumahan ataupun gedung komersial juga memiliki kontribusi yang besar pada emisi karbon. Struktur demografi, kondisi perkotaan maupun pedesaan mempengaruhi pola konsumsi manusianya yang mana akan berpengaruh pada kontribusi emisi karbonnya (Rahayu dkk., 2023).

Penggunaan transportasi pada perkotaan lebih mendominasi kontribusi jumlah emisi karbon dibandingkan dengan area non perkotaan. Emisi karbon dari universitas diyakini menjadi salah satu faktor penghasil emisi karbon yang cukup besar. Hal ini dikarenakan konsumsi energi, air serta alat tulis kantor oleh universitas cukup besar karena besarnya populasi mahasiswa, dosen serta staff kampus (Rahayu dkk., 2023).

C. Sumber Emisi Karbon

Jumlah emisi karbon akan meningkat seiring dengan peningkatan jumlah manusia. Semakin banyak aktivitas yang dilakukan oleh manusia, maka akan semakin tinggi juga nilai emisi karbon yang dihasilkan. Aktivitas manusia saat ini cenderung menggunakan energi yang berasal dari bahan

bakar fosil. Sebagai contoh, orang cenderung nyaman menggunakan mobil dibanding motor, penggunaan pendingin ruangan, perjalanan menggunakan pesawat udara serta penggunaan perangkat elektronik yang penggunaannya berkontribusi terhadap nilai emisi karbon (Wiratama dkk., 2016). Sumber emisi karbon paling utama berasal dari sektor energi adalah penggunaan bahan bakar dengan jenis gas rumah kaca yang dilepaskan dari penggunaan bahan bakar adalah CO₂, CH₄ dan N₂O (Putri dkk., 2017).

Aktivitas dalam rumah tangga memiliki keragaman sehingga menghasilkan nilai emisi karbon yang berbeda-beda pula. Berdasarkan penelitian sebelumnya, disebutkan bahwa perumahan kelas atas atau rumah tangga dengan tingkat ekonomi yang lebih tinggi akan menggunakan energi rumah tangga yang lebih besar, sehingga membuat emisi yang dihasilkan juga lebih tinggi. Faktor lain yang mempengaruhi emisi karbon adalah penggunaan alat-alat listrik rumah tangga, bahan bakar, lama pemakaian alat-alat listrik, tipe rumah dan daya listrik. Rumah tangga menjadi sektor pengguna energi paling besar ketiga setelah industri dan transportasi (Wiratama dkk., 2016). Emisi karbon yang dihasilkan oleh suatu organisasi dapat dibagi menjadi tiga *scope* yaitu :

1. *Scope 1* : Emisi karbon langsung

Emisi karbon yang dihasilkan dari sumber yang dimiliki atau dapat dikendalikan oleh organisasi. Sebagai contoh kendaraan, emisi dari produksi bahan kimia yang dimiliki.

2. *Scope 2* : Emisi karbon tidak langsung

Emisi karbon yang dihasilkan dari konsumsi listrik organisasi.

3. *Scope 3* : Emisi karbon tidak langsung lainnya

Emisi karbon yang dihasilkan dari kegiatan organisasi namun sumber yang tidak dimiliki atau tidak dapat dikendalikan oleh organisasi. Sebagai contoh transportasi bahan bakar yang dibeli, penggunaan barang dan jasa.

D. Hipotesis

Berdasarkan latar belakang, tinjauan pustakan dan rumusan masalah, hipotesis dalam penelitian ini yaitu akumulasi jejak karbon civitas akademi UAJY akan lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya pada tahun 2013 seiring dengan berubahnya pola hidup manusia. Faktor aktivitas manusia tentu akan mempengaruhi besar jejak karbon, yang mana pada tahun 2024 besar jejak karbon civitas akademika UAJY akan semakin besar.