

BAB 2

FAKTOR PENYEBAB TERJADINYA PEMANASAN GLOBAL

dr. Yusias Hikmat Diani, M.kes

A. Pendahuluan

Pemanasan global merupakan salah satu permasalahan lingkungan hidup yang rumit dan mendesak, sehingga menarik perhatian banyak kalangan dalam beberapa dekade terakhir (Gharaie et al, 2012; Dahman et al, 2019; Keniah, 2023).

Selama satu abad terakhir, bumi telah mengalami perubahan iklim yang terjadi secara terus menerus dan mengalami puncaknya pada terjadinya kenaikan suhu rata-rata bumi yang berlangsung secara signifikan. Terjadinya kenaikan suhu memberikan dampak negatif terhadap manusia, lingkungan dan masa depan bumi (Keniah, 2023).

Faktor penyebab dari pemanasan global merupakan interaksi antara aktivitas buatan manusia (antropogenik) dan proses alam (Keniah, 2023). Aktivitas buatan manusia (antropogenik) dianggap memberi pengaruh yang sangat jelas dan menjadi penyebab utama dalam sejarah terhadap emisi gas rumah kaca dan pemanasan global (Chu & Karr, 2017). Aktivitas buatan manusia dapat memberikan manfaat bagi manusia, namun juga dapat menyebabkan terjadinya penurunan sumber daya dan kerusakan lingkungan akibat penggunaan bahan bakar minyak, penggundulan hutan, penggurunan (desertifikasi), pesatnya industrialisasi dan kendaraan bermotor (Kabir et al, 2023).

Tidak dapat dipungkiri bahwa peradaban manusia dapat menyebabkan timbulnya kerusakan lingkungan dan memberikan dampak yang buruk terhadap siklus iklim atau siklus alam lainnya (Chu & Karr, 2017).

Peningkatan suhu global bumi yang disebabkan oleh aktivitas manusia terjadi sejak abad 19 (Keniah 2023). Pemanasan global akibat aktivitas manusia telah mencapai sekitar 1°C ($0,8^{\circ}\text{C}$ - $1,2^{\circ}\text{C}$) pada tahun 2017, dan mengalami peningkatan sebesar $0,2^{\circ}\text{C}$ per dekade, sedangkan antara tahun 2030 dan 2052 kemungkinan akan mencapai peningkatan sebesar $1,5^{\circ}\text{C}$. Apabila pemanasan global mencapai suhu sebesar $1,5^{\circ}\text{C}$ atau lebih, diperkirakan suhu rata-rata di sebagian besar wilayah daratan dan lautan akan mengalami peningkatan, terjadi suhu ekstrem yang panas, curah hujan yang lebat dan kemungkinan akan terjadi kekeringan di sebagian besar atau beberapa wilayah. Setiap peningkatan suhu global sekitar $+0,5^{\circ}\text{C}$, diperkirakan dapat mempengaruhi kesehatan manusia pada terjadinya morbiditas dan mortalitas. (Berglund et al, 2020).

Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca antropogenik di atmosfer dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global (Garrick, 2008; Xie, 2024). Emisi gas rumah kaca antropogenik menjadi penyebab gangguan pada keseimbangan energi planet bumi sehingga mengakibatkan terjadinya peningkatan suhu bumi (Xie, 2024).

Karbon dioksida merupakan gas rumah kaca yang menjadi penyebab utama pemanasan global akibat industri. Sejak awal pertengahan abad ke-18, manusia telah menggunakan bahan bakar minyak dan menjadi penyebab terjadinya hutan gundul, sehingga terjadi penurunan penyerapan karbon dioksida oleh bumi dan peningkatan karbon dioksida di atmosfer (Breeze, 2017; Guo & Lü, 2021).

Gas-gas rumah kaca sangat permeabel terhadap cahaya tampak dari radiasi matahari dan dapat menyerap radiasi gelombang panjang yang dipantulkan dari bumi, serta dapat menyerap sinar inframerah dari radiasi tanah, sehingga

mengakibatkan terjadinya pemanasan global ((Breeze, 2017; Guo & Lü, 2021).

B. Atmosfer Bumi

Atmosfer bumi sangatlah unik karena tidak hanya menyediakan udara yang kita hirup, namun juga melindungi kita dari radiasi berbahaya yang dipancarkan matahari dan menghasilkan efek yang disebut cuaca. Cuaca terjadi akibat pertukaran energi antara atmosfer dengan permukaan bumi dan antara atmosfer dengan ruang angkasa (Lutgens, Tarbuck & Herman, 2019).

Atmosfer merupakan lapisan gas pemberi kehidupan yang mengelilingi bumi dengan ketebalan hanya satu persen radius bumi. Komposisi dan struktur dari atmosfer menentukan perannya, baik sebagai penghasil cuaca maupun sebagai pelindung kehidupan (Barry & Chorley, 2003).

Komposisi atmosfer menurut Barley & Corley (2003) terdiri dari:

1. Gas Primer

Komposisi gas atmosfer hampir 99% terdiri dari nitrogen dan oksigen. Meskipun jumlahnya paling banyak di atmosfer dan sangat penting bagi kehidupan, namun tidak terlalu penting untuk memberikan pengaruh terhadap iklim. Sekitar 1% komposisi atmosfer mengandung sebagian besar argon dan gas-gas rumah kaca.

2. Gas Rumah Kaca (Greenhouse Gases).

Walaupun terdapat dalam jumlah sedikit, gas rumah kaca mempunyai peranan yang penting dalam termodinamika atmosfer. Konsentrasi gas-gas ini sangat dipengaruhi oleh aktivitas manusia, sehingga akan menghasilkan efek rumah kaca akibat radiasi yang dipancarkan bumi terperangkap oleh gas tersebut. Gas rumah kaca yang utama adalah karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitrogen oksida (N₂O), ozon, dan klorofluorokarbon (CFC).

Ozon merupakan salah satu gas rumah kaca, namun tidak dianggap sebagai penyebab pemanasan global karena dapat menyerap radiasi ultraviolet yang berbahaya.

3. Aerosol

Aerosol merupakan partikel kecil yang berasal dari berbagai sumber alami dan antropogenik, diantaranya berasal dari garam laut, debu letusan gunung berapi, asap dan jelaga dari kebakaran, pembentukan sulfat dan nitrat. Partikel ini memiliki peran penting untuk melawan dampak pemanasan global dengan menyerap dan memantulkan radiasi matahari.

4. Uap Air

Uap air merupakan komponen atmosfer yang penting dan mempunyai volume yang bervariasi (rata-rata sekitar 1%) serta berperan dalam pembentukan awan dan hujan dalam siklus hidrologi global yang kompleks.

Atmosfer terdiri dari beberapa lapisan dengan tiga lapisan yang relatif hangat dan dua lapisan yang relatif dingin. Tiga lapisan dingin letaknya dekat permukaan antara 50 dan 60 km dan di atas 120 km, sedangkan dua lapisan yang relatif dingin terletak antara 10 dan 30 km serta antara 80 dan 100 km (Lutgens, Tarbuck & Herman, 2019).

Lapisan atmosfer berdasarkan suhu menurut Lutgens, Tarbuck & Herman (2019) terdiri dari:

1. Troposfer

Lapisan atmosfer terbawah yang merupakan tempat manusia hidup dan mengalami penurunan suhu seiring dengan bertambahnya ketinggian disebut troposfer. Penurunan suhu terus terjadi hingga mencapai ketinggian sekitar 12 kilometer yang merupakan puncak dari troposfer (tropopause) dengan rata-rata penurunan suhu sebesar 6,5°C per kilometer.

Troposfer merupakan lapisan atmosfer yang menjadi fokus utama para ahli meteorologi karena semua perubahan iklim dan cuaca terjadi di lapisan ini. Sekitar 75% dari total

massa gas, hampir seluruh uap air dan aerosol terdapat di lapisan troposfer.

2. Stratosfer

Lapisan ini mengandung sekitar 10% massa atmosfer dan memiliki ketinggian sekitar 50 kilometer. Suhu stratosfer relatif konstan hingga ketinggian sekitar 20 kilometer dan meningkat tajam hingga mencapai stratopause yang terletak sekitar 50 kilometer di atas permukaan bumi. Kenaikan suhu terjadi akibat tingginya konsentrasi ozon di stratosfer yang dapat menyerap radiasi ultraviolet dari matahari.

3. Mesosfer

Lapisan atmosfer ketiga yang terletak sekitar 80 kilometer di atas permukaan bumi dan mengalami penurunan suhu seiring dengan bertambahnya ketinggian hingga mencapai suhu terdingin di atmosfer mendekati sekitar -90°C adalah mesosfer. Mesosfer merupakan salah satu lapisan yang sulit dijangkau oleh pesawat terbang atau oleh satelit sehingga paling sedikit dieksplorasi.

4. Termosfer

Termosfer adalah lapisan keempat atmosfer yang letaknya memanjang keluar dari mesopause, tidak memiliki batas yang jelas dan hanya mengandung sebagian kecil massa atmosfer.

Suhu meningkat hingga mencapai 1000°C di termosfer. Pergerakan molekul memiliki kecepatan rata-rata, apabila pergerakan molekul makin tinggi maka suhu juga makin meningkat. Demikian juga dengan molekul gas-gas yang terdapat di termosfer bergerak dengan kecepatan yang tinggi, maka suhu di termosfer juga menjadi makin tinggi. Peningkatan suhu di termosfer juga disebabkan oleh gas-gas atom oksigen dan nitrogen yang menyerap radiasi matahari gelombang pendek dan berenergi tinggi.

5. Ionosfer

Ionosfer merupakan lapisan yang terletak antara 80 hingga 400 kilometer di atas permukaan bumi, serta terletak di bagian bawah termosfer yang bermuatan listrik.

Ionosfer adalah lapisan atmosfer yang mempunyai bermuatan listrik dimana molekul nitrogen dan atom oksigen mudah terionisasi karena menyerap radiasi gelombang pendek matahari yang berenergi tinggi.

C. Efek Rumah Kaca

Permukaan bumi memiliki suhu yang relatif sejuk dan stabil, sehingga bumi dapat memiliki suhu ini karena terdapat atmosfer yang merupakan lapisan gas tipis yang menutupi dan melindungi bumi. Namun, manusia telah menyebabkan terjadinya perubahan pada atmosfer bumi sejak terjadinya revolusi industri, sehingga mengakibatkan pemanasan global. Untuk memahami tentang pemanasan global, kita perlu mengenal efek rumah kaca (Means, & Marc, 2015).

Efek rumah kaca merupakan faktor utama yang membuat bumi tetap hangat karena mampu menahan sebagian panas yang seharusnya lepas dari atmosfer ke luar angkasa (Kweku et al, 2017). Tanpa efek rumah kaca, suhu rata-rata global akan menjadi jauh lebih dingin dan kehidupan di bumi tidak akan mungkin terjadi, sehingga efek tersebut memungkinkan bumi menyediakan lingkungan yang ramah bagi kehidupan. Suhu rata-rata di permukaan bumi diperkirakan sekitar -19°C jika tidak terdapat efek rumah kaca. Gas rumah kaca yang terjadi secara alami menghasilkan efek pemanasan sekitar $+33^{\circ}\text{C}$, sehingga suhu rata-rata global bumi mengalami kenaikan dari sekitar -19°C menjadi $+14^{\circ}\text{C}$ (Follett, 2012).

Perubahan suhu bumi akibat efek rumah kaca sudah berlangsung sejak jutaan tahun. Joseph Fourier merupakan orang yang pertama kali menemukan efek rumah kaca pada tahun 1827, diverifikasi secara eksperimental oleh John Tyndall pada tahun 1861, dan dikuantifikasi oleh Svante Arrhenius pada tahun 1896 (Kweku et al, 2017).

Efek rumah kaca terjadi karena radiasi matahari yang menyinari bumi dipantulkan kembali ke luar angkasa sekitar 30% melalui awan, es, dan permukaan reflektif lainnya, sedangkan sisanya ($\pm 70\%$) diserap oleh lautan, daratan, dan atmosfer. Radiasi matahari yang diterima bumi akan dipancarkan kembali dalam bentuk radiasi inframerah. Gas rumah kaca akan menghentikan radiasi inframerah yang dipancarkan keluar menuju luar angkasa dan mengirimkannya kembali ke bumi. Peristiwa ini yang membuat bumi menjadi hangat dan layak dihuni (Means & Marc, 2015).

Radiasi matahari terdapat dalam bentuk cahaya tampak, sinar ultraviolet, inframerah dan radiasi lainnya yang tidak bisa dilihat oleh manusia. Panjang gelombang radiasi sinar ultraviolet lebih pendek dan tingkat energinya lebih tinggi dibandingkan cahaya tampak, sedangkan panjang gelombang radiasi inframerah lebih panjang dan tingkat energinya lebih lemah dibandingkan dengan cahaya tampak (Means & Marc, 2015).

Radiasi matahari yang mengalami pertukaran melalui masuk dan keluarnya radiasi dari bumi akan menghangatkan bumi. Proses terjadinya pertukaran radiasi ini mempunyai cara kerja yang hampir sama dengan rumah kaca pertanian, sehingga peristiwa ini sering disebut sebagai efek rumah kaca (Kweku et al, 2017).

Radiasi ultraviolet gelombang pendek dapat melalui dinding kaca dari rumah kaca pertanian dengan mudah, sehingga dapat diserap oleh tanaman dan permukaan yang terdapat di dalamnya. Sedangkan radiasi inframerah gelombang panjang mengalami kesulitan untuk keluar melewati dinding kaca, sehingga terperangkap di dalamnya dan menyebabkan rumah kaca pertanian menjadi hangat. Suhu yang hangat dalam rumah kaca menyebabkan tanaman tropis menjadi tumbuh subur, walaupun selama musim dingin (Kweku et al, 2017).

D. Penyebab Pemanasan Global

Efek rumah kaca merupakan fenomena alam yang terjadi untuk mengatur suhu bumi dan menjadikannya layak huni. Namun campur tangan manusia telah membuat hal ini menjadi tidak terkendali dan membawa bumi ke tahap kritis (Moqimzai, 2020).

Senyawa yang dapat menyebabkan terjadinya pemanasan global adalah gas rumah kaca. Gas rumah kaca yang terbentuk akibat aktivitas yang dilakukan manusia adalah karbondioksida, metana dan dinitrogen oksida. Penumpukan gas-gas ini di atmosfer menyebabkan terjadinya perubahan pada keseimbangan radiasi di atmosfer dengan menyerap radiasi permukaan bumi dan mengembalikannya ke permukaan bumi sehingga membuat suhu bumi dan bagian bawah atmosfer menjadi hangat (Syahzad, 2017).

Para ilmuwan juga menemukan bahwa klorofluorokarbon dapat menyebabkan terjadinya penipisan pada lapisan ozon. Klorofluorokarbon merupakan gas rumah kaca yang mengandung klorin dan/atau fluor yang terikat pada karbon dan digunakan sebagai pengikat aerosol dalam cairan pembersih industri dan peralatan pendingin. Ketika matahari memancarkan sinar ultraviolet, gas-gas ini berdisosiasi dan melepaskan atom klor yang kemudian mengkatalisis perusakan ozon (Syahzad, 2017).

Aerosol yang terdapat di atmosfer juga dapat menyebabkan pemanasan global dengan mengubah iklim melalui dua cara berbeda yaitu menyebarkan dan menyerap radiasi inframerah matahari, serta mengubah sifat mikrofisika, kimia, umur dan luas awan. Hamburan radiasi matahari berperan dalam mendinginkan planet, sedangkan penyerapan radiasi matahari oleh aerosol dapat langsung menghangatkan udara dan menghambat penyerapan sinar matahari oleh permukaan bumi. (Syahzad, 2017).

Sejak dimulainya Revolusi Industri pertama sekitar tahun 1760, emisi gas rumah kaca akibat aktivitas yang dilakukan manusia telah melebihi emisi dari sumber alami. Peningkatan

konsentrasi gas tersebut di atmosfer selama bertahun-tahun terus menyebabkan peningkatan suhu global, sehingga terjadi pemanasan global (Reavis et al, 2022).

Karbon dioksida (CO₂) merupakan gas rumah kaca yang paling utama. Sumber emisi karbon dioksida yang berasal dari alam adalah gas yang dikeluarkan oleh gunung berapi, gas dari bahan organik yang mengalami pembakaran dan pembusukan secara alami, serta hasil pernapasan makhluk hidup (Mann, 2024; Cassia et al, 2018).

Untuk menjaga keseimbangan karbon dioksida dilakukan serangkaian proses fisika, kimia, atau biologis untuk mengurangi karbon dioksida dari atmosfer. Adapun proses yang dilakukan adalah dengan melakukan penyerapan karbon secara alami mencakup fotosintesis, menyerap karbon dioksida yang terlarut oleh vegetasi laut dan fitoplankton atau organisme lain yang memerlukan karbon dioksida dengan menggunakan pompa biologi (Mann, 2024).

Sumber emisi CO₂ yang terbentuk akibat aktivitas yang dilakukan manusia adalah melalui penggunaan bahan bakar fosil (minyak, batu bara, dan gas alam), pembuatan semen, pembakaran hutan dan pembukaan lahan (Mann, 2024; Cassia et al, 2018). Bahan bakar minyak dan batubara digunakan untuk sarana transportasi, pemanasan, dan produksi listrik (Mann, 2024).

Emisi antropogenik menyebabkan pelepasan CO₂ ke atmosfer sekitar 7 miliar ton yaitu sekitar tiga persen dari jumlah total emisi karbon dioksida yang berasal dari sumber alami. Jumlah tersebut melebihi kapasitas penyerap CO₂ alami sekitar 2 - 3 gigaton per tahun (Mann, 2024).

Pada pertengahan abad ke-21, konsentrasi CO₂ diperkirakan akan mengalami peningkatan sebesar dua kali lipat dibandingkan dengan tingkat pra-industri. Jika peningkatan energi ini tidak disertai adanya faktor yang menjaga keseimbangan, maka akan menyebabkan pemanasan sebesar 2 hingga 5°C (Mann, 2024).

Metana merupakan gas rumah kaca kedua utama yang jauh lebih kuat dibandingkan karbondioksida karena gaya radiasi yang dihasilkan per molekul lebih besar. Apabila dibandingkan dengan CO₂ yang bertahan berabad-abad atau bahkan ribuan tahun di atmosfer, waktu tinggal metana lebih pendek sekitar 12 tahun karena metana mengalami akumulasi di atmosfer dan segera menghilang dalam waktu relatif cepat (Mann, 2024; Ritchie, Rosado & Rosser, 2024). Keadaan ini akan berdampak pada penurunan konsentrasi metana di atmosfer, sehingga menjadi cara yang efektif dan cepat untuk melakukan mitigasi dampak perubahan iklim dalam waktu beberapa dekade (Ritchie, Rosado & Rosser, 2024).

Metana dihasilkan dari berbagai sumber alami, seperti lahan basah tropis, bakteri pengoksidasi, gunung berapi, dasar laut, dan hidrat metana yang terperangkap di sepanjang landasan kontinen di lautan dan lapisan es kutub (Mann, 2024; Ritchie, Rosado & Rosser, 2024).

Kegiatan manusia yang menjadi sumber antropogenik utama metana di atmosfer adalah pertanian, peternakan, pembakaran batu bara dan gas alam, pembakaran biomassa, dan penguraian bahan organik di tempat pembuangan sampah. ((Mann, 2024; Ritchie, Rosado & Rosser, 2024).

Penyerap alami metana adalah atmosfer dan tanah. Atmosfer menjadi penyerap alami utama metana karena mudah bereaksi dengan radikal hidroksil untuk membentuk karbondioksida dan uap air. Sedangkan tanah merupakan tempat metana dioksidasi (Mann, 2024).

Gas yang dihasilkan oleh aktivitas industri dan juga memiliki sifat rumah kaca adalah dinitrogen oksida (N₂O) dan gas terfluorinasi (halokarbon), termasuk klorofluorokarbon (CFC), sulfur heksafluorida, hidrofluorokarbon (HFC), dan perfluorokarbon (PFC). Dinitrogen oksida memiliki konsentrasi yang kecil dibandingkan gas lain karena dihasilkan dari reaksi biologis alami dalam tanah dan air, sedangkan gas berfluorinasi hampir seluruhnya berasal dari sumber industri (Mann, 2024).

Dinitrogen oksida dapat bertahan sekitar 121 tahun, namun lebih pendek dibandingkan dengan karbondioksida. Dinitrogen oksida berpotensi terhadap pemanasan sebesar 300 kali lebih kuat dibandingkan karbondioksida. Konsentrasinya meningkat terutama karena aktivitas mikroba di tanah yang kaya nitrogen terkait dengan praktik pertanian dan pemupukan. Sumber utama yang menghasilkan dinitrogen oksida adalah emisi aktivitas buatan manusia akibat pembakaran bahan bakar fosil dan emisi biogenik dari tanah (Cassia et al, 2018).

Ozon (O_3) terdapat sebagian besar di stratosfer, namun jumlahnya hanya sedikit di troposfer. Ozon stratosfer (lapisan ozon) terbentuk secara alami melalui reaksi kimia yang melibatkan radiasi ultraviolet matahari dan oksigen (O_2), Radiasi ultraviolet matahari memecah satu molekul oksigen menjadi dua atom oksigen ($2O$). Kemudian, masing-masing atom yang sangat reaktif ini bergabung dengan O_2 untuk menghasilkan molekul O_3 . Hampir 99% sinar ultraviolet matahari dengan panjang gelombang sekitar 200 hingga 315 nm diserap oleh lapisan ozon. Jika tidak diserap oleh ozon, maka sinar ultraviolet dapat merusak kehidupan yang ada di bumi (Cassia et al. 2018).

DAFTAR PUSTAKA

- Barry, R.G. & Chorley, R.J., 2003, 'Atmosphere, weather and climate: Eighth edition', *Atmosphere, Weather and Climate: Eighth Edition*, 9780203428238, 1–421.
- Berglund, L.G., Rissanen, S., Jussila, K., Kaufman, J.W., Piirilä, P., Savolainen, K.M., Kalliokoski, P., Pasanen, P., Viluksela, M., Landström, U., Saarinen, P., Rysä, J. & Juvonen, R., 2020, 'Physiological and toxicological considerations', *Industrial Ventilation Design Guidebook: Volume 1 Fundamentals, Second Edition*, 111–226.
- Breeze, P., 2017, 'The Carbon Cycle and Atmospheric Warming', *Electricity Generation and the Environment*, 13–21.
- Cassia, R., Nocioni, M., Correa-Aragunde, N. & Lamattina, L., 2018, 'Climate change and the impact of greenhouse gasses: CO₂ and NO, friends and foes of plant oxidative stress', *Frontiers in Plant Science*, 9, 331669.
- Chu, E.W. & Karr, J.R., 2017, 'Environmental Impact: Concept, Consequences, Measurement', *Reference Module in Life Sciences*.
- Dahman, Y., Syed, K., Begum, S., Roy, P. & Mohtasebi, B., 2019, 'Biofuels: Their characteristics and analysis', *Biomass, Biopolymer-Based Materials, and Bioenergy: Construction, Biomedical, and other Industrial Applications*, 277–325.
- Follett, R.F., 2012, 'Beyond Mitigation: Adaptation of Agricultural Strategies to Overcome Projected Climate Change', *Managing Agricultural Greenhouse Gases: Coordinated Agricultural Research through GRACEnet to Address our Changing Climate*, 505–523.
- Garrick, B.J., 2008, 'Examples of Risks Having the Potential for Catastrophic Consequences', *Quantifying and Controlling Catastrophic Risks*, 203–230.

- Gharaie, M., Jobson, M., Hassan Panjeshahi, M. & Zhang, N., 2012, 'Techno-Economic Optimization of IGCC Integrated with Utility System for CO₂ Emissions Reduction', *Computer Aided Chemical Engineering*, 30, 227–231.
- Guo, X. & Lü, X., 2021, 'The need for biofuels in the context of energy consumption', *Advances in 2nd Generation of Bioethanol Production*, 9–30.
- Kabir, M., Habiba, U.E., Khan, W., Shah, A., Rahim, S., Rios-Escalante, P.R.D. los, Farooqi, Z.U.R. & Ali, L., 2023, 'Climate change due to increasing concentration of carbon dioxide and its impacts on environment in 21st century; a mini review', *Journal of King Saud University - Science*, 35(5), 102693.
- Keniah, J., 2023a, 'Global Warming: A Comprehensive Examination', *International Journal of Science and Society*, 5(4), 135–145.
- Keniah, J., 2023b, 'Global Warming: A Comprehensive Examination', *International Journal of Science and Society*, 5(4), 135–145.
- Kweku, D.W., Bismark, O., Maxwell, A., Desmond, K.A., Danso, K.B., Asante Oti-Mensah, E., Quachie, A.T., Adormaa, B.B. & Dopico, E., 2017, 'Greenhouse Effect: Greenhouse Gases and Their Impact on Global Warming', *Journal of Scientific Research and Reports*, 17(6), 1–9.
- Lutgens, F.K., Tarbuck, E.J. & Herman, R.L., no date, 'The Atmosphere An Introduction to Meteorology Fourteenth Edition'.
- Mann, M.E., 2024 *Greenhouse gas - Atmospheric Science* | *Britannica*.
- Means T, Marc L. 2015 *What is the Greenhouse Effect?* | *Global Warming* | *Live Science*.
- Moqimzai, O., 2020, 'Factors of Global Warming and Its Effects on the Environment', *International Journal For Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 7(6), 202–208.

- Reavis, M., Ahlen, J., Rudek, J. & Naithani, K., 2022, 'Evaluating Greenhouse Gas Emissions and Climate Mitigation Goals of the Global Food and Beverage Sector', *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 789499.
- Shahzad, U., 2015, 'Global Warming: Causes, Effects and Solutions', *Durreesamin Journal*, 1(4).
- Ritchie H, Rosado P, Roser M. 2024, *Greenhouse gas emissions - Our World in Data*.
- Xie, S.-P., 2024, 'Global Warming: Thermodynamic Effects', *Coupled Atmosphere-Ocean Dynamics*, 339–366.