

Kontribusi Aktif Pemerintah Pada Penanganan Isu Gas Rumah Kaca dan Perubahan Iklim Global

Adi Wicaksono

Politeknik Keuangan Negara STAN

4131210013_adi@pknstan.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Pertama
31 Juli 2022

Dinyatakan Diterima
30 Juni 2023

ABSTRACT

Glass gas emissions are gasses that collect and accumulate in the atmosphere that cause greenhouse effects to cause global warming and climate change. Negative impacts due to grid emissions and climate change according to experts and observers of global climate change will affect human life throughout the earth's surface in the future if not immediately mitigated. The issue of climate change and handling of gaseous emissions became very important topics in the world so that in 2016 there was a Paris agreement where the results of this agreement required all countries present including Indonesia to actively contribute to mitigation and climate change. The Indonesia government's commitment to handling the gas emissions and climate change was marked by inaugurating the issue of climate change as a priority issue in RPJMN 2020-2024. In its implementation of the allocated a special budget in the State Budget on the issue of climate change and handling gasses emissions. The Indonesian government's target in reducing emission until 2030 needs a funding budget of Rp3.462 trillion or each year is a budget allocated of Rp266,2 trillion. Budget funding is a very important instrument in the implementation of the RAN/RAD-GRK program in order to achieve the achievement of global zero emission in 2050.

Keywords : *Emission, Climate change, Global warming, Budgeting.*

ABSTRAK

Gas rumah kaca (GRK) merupakan gas-gas yang terkumpul dan terakumulasi di atmosfer yang menyebabkan efek rumah kaca (*greenhouse effect*) sehingga menjadikan pemanasan global (*global warming*) dan perubahan iklim (*climate change*). Dampak negatif akibat emisi GRK dan perubahan iklim menurut para ahli dan pengamat perubahan iklim global akan mempengaruhi kehidupan manusia di seluruh permukaan bumi di masa depan jika tidak segera dimitigasi. Isu perubahan iklim dan penanganan GRK menjadi topik yang sangat penting di dunia, sehingga pada tahun 2016 terciptalah kesepakatan Paris dimana hasil dari kesepakatan ini mengharuskan seluruh negara yang hadir termasuk Indonesia untuk berkontribusi secara aktif dalam melakukan mitigasi GRK dan perubahan iklim. Komitmen pemerintah Indonesia dalam melakukan penanganan GRK dan perubahan iklim ditandai dengan diresmikannya isu perubahan iklim sebagai isu prioritas dalam RPJMN 2020-2024. Dalam pelaksanaannya pemerintah Indonesia telah mengalokasikan anggaran khusus di dalam APBN dalam isu perubahan iklim dan penanganan GRK. Target pemerintah Indonesia dalam penurunan emisi GRK (NDC) hingga tahun 2030 membutuhkan anggaran pendanaan sebesar Rp3.461 triliun atau setiap tahun memerlukan alokasi anggaran sebesar Rp 266,2 triliun. Pendanaan anggaran merupakan instrumen yang sangat penting dalam pelaksanaan program RAN/RAD-GRK demi tercapainya tujuan *global zero emission* pada tahun 2050.

Kata Kunci : Emisi GRK, Perubahan Iklim, Pemanasan Global, Anggaran

1. PENDAHULUAN

Gas Rumah Kaca (GRK) merupakan gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek rumah kaca, gas-gas ini dapat muncul secara alami dari alam tetapi dapat juga timbul akibat kegiatan manusia, terutama dampak dari aktivitas pembakaran bahan bakar minyak. Tanpa adanya efek dari gas rumah kaca, suhu di permukaan bumi akan berada pada titik di bawah nol derajat, namun jika terdapat terlalu banyak gas-gas rumah kaca di atmosfer akan menyebabkan tingginya suhu di permukaan bumi atau biasa kita sebut sebagai pemanasan global. Gas yang terdapat di atmosfer bumi adalah uap air (H₂O), Metana (CH₄), KarbonDioksida(CO₂) dan Nitrogen Monoksida (N₂O) (Pratama, R. 2019).

Penumpukan emisi gas-gas tersebut di atmosfer dapat menyebabkan suatu efek di bawah lapisan ozon atau biasa kita sebut efek rumah kaca. Akibat dari efek rumah kaca ini adalah meningkatkan suhu di permukaan bumi karena cahaya matahari yang memantul keluar dari bumi ditahan oleh efek kaca ini sehingga Kembali memantul ke bumi yang menyebabkan pemanasan global (*global warming*).Pemanasan global (*global warming*) yang berkelanjutan terjadi akan berdampak pada perubahan iklim (*climate change*) di seluruh belahan bumi, yang mana hal ini akan berakibat pada kehidupan di bumi. Perubahan iklim yang ekstrim akan mempengaruhi kehidupan umat manusia sendiri, sehingga hal ini merupakan tantangan yang harus dihadapi dan ditanggulangi oleh seluruh negara internasional.

Di Indonesia, kerentanan terhadap perubahan iklim memang cukup tinggi, hal ini dapat terlihat dari meningkatnya peringkat *Global Climate Risk Index* (CRI) Indonesia selama 20 tahun terakhir. Menyadari kerentanan Indonesia terhadap perubahan iklim yang mana akan berdampak negatif terhadap berbagai kegiatan dalam pelaksanaan pemerintahan dan berbagai sektor penting

terutama pada sektor ekonomi, pemerintah Indonesia melakukan berbagai upaya untuk menanggulangi masalah ini dengan berkontribusi aktif pada perundingan dan pencapaian kesepakatan di tingkat internasional dalam upaya mitigasi dan penurunan emisi GRK global.

Untuk mencapai target dalam penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) membutuhkan dana yang tidak sedikit. Dalam rencana dan strategi pemerintah, alokasi dana pada program mitigasi dan penurunan GRK merupakan alat yang paling penting. Oleh karenanya diperlukan sebuah kerangka pendanaan perubahan iklim yang benar-benar mendukung dan secara spesifik dapat diselenggarakan dengan tepat sasaran pada target pengendalian emisi GRK dalam menanggulangi perubahan iklim.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gas Rumah Kaca

Perubahan iklim sebagai akibat dari pemanasan global (*Global warming*) merupakan tantangan yang harus dihadapi dan ditanggulangi pada 300 tahun terakhir. Banyak bukti yang kajian dari *The Intergovernmental Panel on Climate change* (IPCC, 2007) menjelaskan bahwa sejak tahun 1850, telah menjadi 12 tahun terpanas berdasarkan perbandingan data suhu permukaan bumi. Laporan IPCC juga menunjukkan bahwa kegiatan manusia merupakan faktor yang berperan dalam menyumbang kadar emisi GRK sejak abad ke-20. GRK sendiri merupakan kumpulan gas-gas kimia yang terdapat di atmosfer bumi yang menjadi penyebab peningkatan suhu di permukaan bumi sehingga berdampak pada terjadinya perubahan iklim di seluruh dunia.

Namun berdasarkan konvensi PBB mengenai perubahan iklim terdapat 6 jenis gas rumah kaca yang terdapat di atmosfer bumi yang dikelompokkan dalam GRK, yaitu Karbon Dioksida (CO₂), Metana (CH₄), Hidro Fluoro Karbon (HFC), Dinitrogen Oksida (N₂O), Sulfur

Heksa Klorida (SF₆) dan Perfluorokarbon (PFC)(Samiaji, 2009). Istilah GRK menurut para ahli adalah cara kerja gas-gas yang terdapat di atmosfer yang digambarkan seperti kaca dengan mekanisme untuk menyerap cahaya matahari agar dapat sampai ke permukaan bumi yang kemudian cahaya yang terpantul keluar bumi akan dipantulkan Kembali lagi ke permukaan bumi, sehingga menyebabkan suhu permukaan bumi menjadi hangat karena cahaya tidak langsung memantul keluar dari bumi. Hal inilah yang menjadikan Bumi dapat ditinggali oleh makhluk hidup. Dalam kenyataannya radiasi cahaya matahari, oleh GRK yang ada di lapisan atmosfer bawah, akan diserap dan dipantulkan Kembali ke permukaan bumi dan menimbulkan efek panas yang biasa disebut efek rumah kaca (Kementerian Lingkungan Hidup, 2012).

Intergovernmental Panel on *Climate change* (IPCC) melakukan pengelompokan terhadap sumber GRK menjadi enam kelompok yakni energi, penggunaan zat pelarut dan produk-produk lainnya, proses industri, tata guna lahan dan kehutanan pertanian dan limbah(IPCC,2006). Emisi gas rumah kaca merupakan penyebab terjadinya pemanasan global (*global warming*). Berbagai kegiatan manusia sebagai akar dari pembentukan emisi rumah kaca terutama di bidang industri dan pembangunan yang memberikan dampak terbesar terciptanya pemanasan global. Sudah banyak upaya yang dilakukan untuk menekan dan meminimalisasi peningkatan pemanasan global, tidak hanya dalam konteks lokal, tetapi juga di level nasional dan internasional (Rudy, 2008).

Perubahan pembukaan lahan dan kehutanan menyumbang sebesar 20% gas rumah kaca dari total emisi global yang berpengaruh terhadap peningkatan pemanasan global dan perubahan iklim yang ekstrim. Dari data ini dapat ditegaskan bahwa upaya pencegahan dan mitigasi pemanasan global dan perubahan iklim perlu

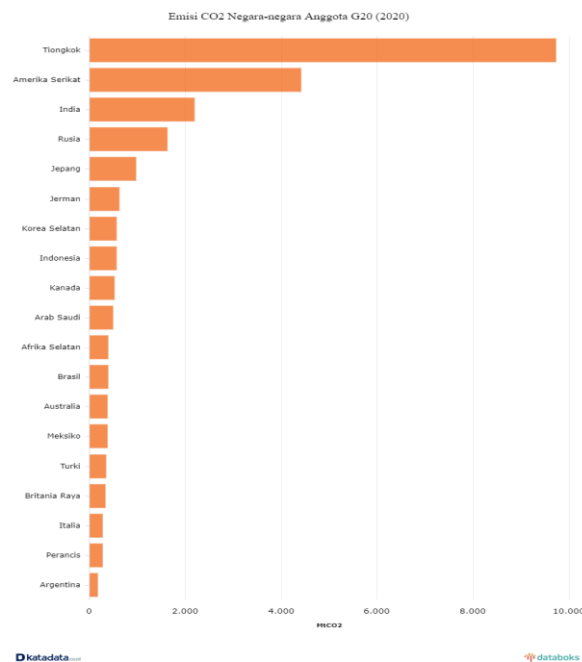
memperhatikan dan melibatkan sektor kehutanan. Hutan yang mempunyai peran penting sebagai paru-paru bumi tidak hanya sebagai penyimpan karbon, tetapi secara alamiah sebagai penyerap karbon dan penghasil oksigen (O₂) bagi umat manusia serta sumber emisi gas rumah kaca pada saat tidak dikelola dengan baik (Manuri, Chandra dan Agus., 2011).

Emisi dari sektor transportasi menjadi sumber penghasil emisi GRK yang paling cepat tumbuh. Ada sedikit prospek bahwa situasi ini akan diselesaikan dengan perbaikan teknologi tunggal. Negara-negara berkembang dengan cepat bergerak dengan cepat mengejar tingkat motorisasi negara-negara maju, banyaknya penggunaan kendaraan pribadi akan meningkatkan emisi GRK dengan signifikan. Meskipun pertumbuhan emisi transportasi di negara berkembang mengalami peningkatan yang sangat signifikan, sektor ini telah menghasilkan proyek mitigasi yang relatif sedikit. Tren transportasi di negara berkembang terkait dengan penggunaan kendaraan bermotor berada di jalur untuk pertumbuhan yang berkelanjutan. Analisis yang memproyeksikan tren transportasi antara tahun 2000 dan 2050 telah dilakukan Bersama laporan 'Mobilitas 2030' dari Dewan Bisnis Dunia untuk pembangunan berkelanjutan (WBCSD), yang telah mencoba mengkarakteristikan tren serta pilihan transportasi selama beberapa dekade mendatang (WBCSD, 2004).

Pada sektor pertanian sendiri berkontribusi menyumbang emisi GRK ke atmosfer dalam jumlah yang cukup signifikan, yaitu berupa CO₂, CH₄, dan N₂O (Paustian et al.2004). CO₂ sendiri dihasilkan dari proses organik pembusukan tanaman yang dilakukan oleh mikroorganisme, pembakaran tanaman, dan dari bahan organik tanah (Janzen 2004; Smith 2004). Metana (CH₄) dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik Ketika dalam kondisi kekurangan oksigen, terutama pada proses fermentasi dan kotoran hewan ternak

(Mosier, 2001). Dinatrium Oksida (N_2O) dihasilkan dari transformasi mikroba pada tanah dan kotoran ternak serta akan meningkat pada kondisi lahan basah (Smith dan Conen 2004; Oenema et al. 2005). Emisi GRK sektor pertanian di Indonesia pada tahun 2005 mencapai 141 juta ton karbon ekuivalen (US-EPA, 2006). Pada tahun 2009 hasil inventori GRK Indonesia dari (UNDP Indonesia) menunjukkan kontribusi emisi sektor, yaitu 51,20 MtCO₂e atau 12% dari total emisi Indonesia.

Indonesia sendiri pernah dituding sebagai negara terbesar ketiga dalam menyumbang emisi GRK dunia, terutama akibat dari kegiatan perubahan tata guna lahan dan penggundulan hutan di Indonesia. Namun berdasarkan hasil inventarisasi GRK yang dilakukan oleh UNFCCC (2006), Indonesia sendiri berada pada urutan ke-16 dari 20 negara penghasil emisi GRK terbesar di dunia. Jumlah emisi GRK diprediksi akan terus mengalami peningkatan pada tahun-tahun mendatang. Meningkatnya kebutuhan masyarakat dunia akan pangan menjadi salah satu faktor peningkatan emisi tersebut. Manusia akan melakukan segala hal agar kebutuhan hidupnya terpenuhi. Kebijakan perdagangan internasional dengan memanfaatkan moda transportasi berbahan bakar fosil juga berkontribusi dalam menyumbang sejumlah besar emisi GRK. Setiap negara di dunia sebenarnya menjadi aktor yang berkontribusi dalam menyumbang emisi GRK, namun dalam segi jumlah masyarakat dan letak geografi menjadi alasan mengapa jumlah emisi yang dihasilkan setiap negara berbeda. Negara yang memiliki jumlah penduduk banyak cenderung lebih banyak menghasilkan emisi GRK.



Sumber : Enerdata,2021

Gambar 1. Emisi CO2 Negara-negara Anggota G20 tahun 2020

Emisi karbon di dunia internasional juga menjadi topik hangat yang dimusyawarahkan dalam KTT G20 di Roma, Italia, pada 30-31 Oktober 2021 kemarin. Hal ini didasari dari data dan fakta mengenai emisi karbon dari negara-negara anggota G20. Menurut Enerdata, Negara China menjadi negara penghasil emisi CO₂ terbesar diantara negara-negara lainnya yakni sebesar 9.717 MtCO₂ pada 2020. Sedangkan bangsa Indonesia sendiri berada pada urutan kedelapan dengan jumlah emisi karbon sebesar 566 MtCO₂, yang mana telah mengalami penurunan dibanding tahun sebelumnya yaitu sebesar 596 MtCO₂. Dari data tersebut diharapkan negara-negara yang tergabung dalam G20 dapat segera melakukan tindakan dalam upaya mitigasi dan pencegahan emisi GRK secara global dengan melakukan berbagai Kerjasama dan pembuatan kebijakan yang tepat.

Pertumbuhan yang intensif emisi karbon pada tahun 2021 dibarengi dengan pemulihan

ekonomi global dari krisis Covid-19 menjadi tantangan tersendiri negara-negara di dunia. Meskipun demikian, beberapa negara maju telah menekankan dekarbonisasi. Langkah-langkah dalam pemulihan ekonomi mereka. IEA telah memaparkan bahwa pada Oktober 2021, USD 470 miliar telah dialokasikan untuk Langkah-langkah berkelanjutan dalam pemulihan ekonomi hingga 2030. Namun saat ini masih 40% dari investasi yang diperlukan untuk keberhasilan rencana pemulihan berkelanjutan IEA, yang selaras dengan Langkah-langkah demi mencapai tujuan global zero emission pada tahun 2050. Dunia sekarang perlu memastikan bahwa peningkatan emisi global pada tahun 2021 hanya terjadi sekali saja serta pemanfaatan investasi secara maksimal dengan mengoptimalkan alokasi dana dengan kombinasi teknologi energi bersih yang diharapkan akan dapat mengurangi emisi CO₂ pada tahun 2022.

2.2 Penyebab kenaikan emisi GRK

Kenaikan emisi GRK yang signifikan pada tahun 2021 merupakan rekor tertinggi sepanjang data dari tahun-tahun sebelumnya. Dari data IEA mencantumkan faktor penyebab kenaikan emisi GRK 2021 (Laporan IEA, 2021), yakni :

- a. Emisi CO₂ dari batu bara yang berada pada level tertinggi sepanjang sejarah
Batu bara menyumbang lebih dari 40% dari total akumulasi emisi GRK global tahun 2021. Emisi batubara berada pada angka tertinggi yakni sebesar 15,3 GtCO₂. Hal ini disebabkan karena permintaan dan penggunaan batu bara yang meningkat pada semua sektor.

- b. Emisi dari pembangkit listrik dunia pada level tertinggi.

Penyumbang emisi GRK global 2021 yang besar juga tak lepas dari sektor

pembangkit listrik dan panas, yang mana mengalami kenaikan hingga 900 MtCO₂. Sektor ini menyumbang 46% dari jumlah peningkatan emisi GRK global atau sama dengan 14,6 GtCO₂. Angka merupakan jumlah terbesar sepanjang tahun-tahun sebelumnya, dan meningkat 500 MtCO₂ dari tahun 2019. Peningkatan emisi GRK sebesar 6,9% dari sektor ini didukung oleh peningkatan permintaan listrik global dari tahun ke tahun, bahkan pada 2021 permintaan listrik global lebih dari 15 kali lipat dari permintaan listrik pada tahun 2020.

- c. Peningkatan emisi energi terbarukan 2021

Penggunaan energi terbarukan dan tenaga nuklir menyumbang energi lebih tinggi dari pembangkit listrik global dari pada batu bara pada tahun 2021. Kenaikan emisi CO₂ dari sektor ini meningkat menjadi 220 MtCO₂ pada tahun 2021. Hal ini juga diakibatkan dari pengaruh perubahan iklim yang mana output yang dihasilkan dari pembangkit listrik yang lain mengalami penurunan dan berdampak pada kehidupan masyarakat.

- d. Permintaan listrik di China sebesar 10% pada 2021

Pemulihan ekonomi di China terlihat sangat berintensitas tinggi. Hal ini berpengaruh terhadap kenaikan permintaan listrik masyarakat China sebesar 10% pada 2021. Peningkatan hampir sebesar 700 TWh merupakan kenaikan tertinggi yang pernah dialami China. Angka tersebut setara dengan total permintaan listrik seluruh Afrika.

- e. Lonjakan penggunaan bahan bakar fosil

Terkait pemulihan ekonomi global, banyak industri dan masyarakat meningkatkan permintaannya dalam penggunaan bahan bakar fosil. Dari data perbandingan data pada tahun 2019, emisi CO₂ dari proses pembakaran dan industri menyumbang sebesar 89% dari jumlah emisi GRK pada sektor energi tahun 2021.

Kenaikan permintaan energi yang signifikan akibat dampak pemulihan sektor perekonomian akibat dampak Covid-19 di berbagai negara menyebabkan kenaikan emisi CO₂ global. Hal ini menyebabkan pada tahun 2021 tingkat emisi CO₂ mencapai rekor tertinggi yakni sebesar 36,3 GtCO₂. Hal ini sangat memprihatinkan mengingat sudah disepakatinya komitmen global dalam mengatasi permasalahan emisi GRK dan perubahan iklim di Paris pada tahun 2016. Oleh karena itu setiap negara di dunia harus meningkatkan upaya yang lebih setelah pandemi Covid-19 untuk menangani isu emisi GRK dan perubahan iklim (*climate change*).

2.3 Dampak GRK bagi lingkungan

Akumulasi GRK di udara semakin hari semakin meningkat dan tidak terkontrol. Emisi gas rumah kaca (GRK) yang berlebih juga menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan, antara lain:

- a. Efek rumah kaca (*greenhouse effect*)

Emisi gas rumah kaca yang terakumulasi banyak di atmosfer bumi akan menyebabkan suatu efek kaca, atau biasa disebut efek rumah kaca (*greenhouse effect*). Akibat dari efek ini adalah meningkatkan suhu dipermukaan bumi karena cahaya

matahari tidak bisa meninggalkan bumi karena cahaya yang dipantulkan oleh bumi keluar akan dipantulkan Kembali oleh *greenhouse effect* ini, atau sering disebut dengan Pemanasan global (*global warming*). Dampak lain dari penumpukan emisi gas rumah kaca juga akan menyebabkan rusaknya lapisan ozon yang terletak dibawah atmosfer bumi, yang mana ozon ini berperan sangat penting bagi kehidupan di muka bumi yang berfungsi untuk melindungi bumi dari bahaya radiasi *ultraviolet* dari matahari.

Lapisan ozon yang rusak akan menyebabkan sinar *ultraviolet* (UV) langsung memancar ke bumi yang mana dampak dari sinar UV ini dapat menyebabkan kanker kulit dan mengganggu system imun pada manusia. Dampak rumah kaca (*greenhouse effect*) akan menyebabkan peningkatan suhu di bumi yang berakibat pada pencairan gunung es di kutub utara dan selatan. Diperkirakan juga air laut akan meningkat mencapai ketinggian 7 meter dan pulau-pulau dengan dataran yang rendah akan tenggelam, sedangkan pulau-pulau dengan dataran tinggi akan terjadi penyusutan pantai dan yang lebih mengerikan dapat menyebabkan badai dan tsunami (Ahmed El Zein, 2015).

- b. Pemanasan global (*global warming*)

Pemanasan global (*global warming*) diakibatkan karena peningkatan akumulasi emisi gas rumah kaca (GRK) yang besar dari berbagai kegiatan manusia yang menghasilkan residu emisi. Peningkatan suhu udara di permukaan bumi akibat dari efek rumah kaca (*greenhouse effect*) di atmosfer bumi.

Dampak dari pemanasan global sangat ekstrim jika tidak dicegah, seperti mencairnya es di kutub selatan dan utara, meningkatkan volume permukaan air laut, gelombang panas yang sangat tinggi, serta perubahan iklim (*climate change*). IPCC menemukan bahwa, selama 100 tahun terakhir (1906-2005) temperatur permukaan bumi rata-rata telah naik sekitar 0.74°C, dengan tingkat pemanasan yang besar terjadi di daratan. Kenaikan suhu pada 50 tahun terakhir bahkan hampir dua kali lipat dari yang pada 100 tahun terakhir. Pada akhir tahun 1990an sampai dengan awal abad 21 merupakan tahun-tahun terpanas dari data penelitian yang ada.

Akibat-akibat dari pemanasan global yang lain dapat dilihat dari berbagai sektor, seperti terpengaruhnya hasil pertanian dan perikanan, hilangnya gletser dan punahnya berbagai jenis hewan. Hingga saat ini masih terjadi perdebatan politik dan public di dunia mengenai hal apa dan strategi seperti apa yang tepat yang dapat mengurangi dan mencegah pemanasan tingkat lanjut serta konsekuensi yang diakibatkan. Pada kesepakatan Paris 2015, negara-negara maju dan berkembang menyetujui hasil konferensi yang berkaitan mengenai isu pemanasan global yang mana hasil dari kesepakatan ini menggantikan Protokol Kyoto. Dengan adanya kesepakatan ini diharapkan negara maju dan negara berkembang dapat berkontribusi secara aktif dalam mencegah dan menurunkan emisi GRK yang merupakan penyebab terjadinya pemanasan global (*global warming*).

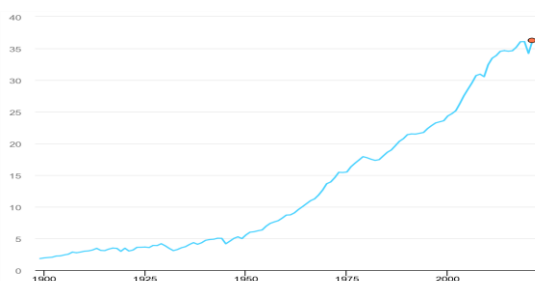
c. Perubahan Iklim (*climate change*)

Perubahan iklim menunjuk pada terjadinya perubahan pada iklim yang disebabkan secara langsung maupun tidak langsung oleh kegiatan manusia yang mengubah komposisi atmosfer global dan juga terhadap variabilitas iklim alami yang diamati selama periode waktu tertentu (*United Nations Framework Convention on Climate change*). Pemanasan yang terjadi pada system iklim bumi merupakan hal yang jelas terasa, seiring dengan banyak bukti dari pengamatan kenaikan temperature udara dan laut, pencairan salju dan es di berbagai tempat di dunia, dan naiknya permukaan air laut global (*climate change, 2007*). Para ilmuwan juga memperkirakan bahwa jika pemanasan global terjadi secara berkelanjutan, makan belahan bumi utara akan memanaskan lebih cepat dari wilayah-wilayah lain di bumi, akibatnya gunung-gunung es akan mencair dan daratan akan mengecil karena meningkatnya volume permukaan air laut.

Temperatur pada musim dingin dan pada malam hari akan cenderung meningkat. Daerah yang cenderung bersuhu hangat akan semakin lembab karena tingkat pemanasan yang tinggi akan menguapkan air lebih cepat. Kelembaban yang tinggi pada daerah panas terutama daerah tropis akan meningkatkan curah hujan, yang mana hal ini akan berdampak pada sektor perekonomian. Kenaikan curah hujan dan percepatan penguapan air juga akan mengakibatkan terjadinya badai di negara-negara wilayah cincin api pasifik (*ring of fire*). Berlawanan

dengan pemanasan yang terjadi, beberapa masa juga diprediksi akan terjadi periode dingin yang bersuhu sangat rendah. Pola cuaca yang tidak menentu ini akan terjadi dan akan bertambah ekstrim dimasa mendatang jika tidak segera diatasi. Banyak system alam, pada semua benua dan dibeberapa lautan, terpengaruh oleh perubahan iklim regional, terutama adanya kenaikan temperature (*climate change*, 2007).

Dapat kita ketahui bahwa dampak emisi GRK jika tidak di lakukan mitigasi dan upaya untuk menurunkan kadar GRK di udara sangat besar. Emisi GRK yang diakibatkan dari kegiatan manusia telah menyebabkan terjadinya penebalan pada selubung alami emisi GRK di atmosfer, sehingga panas dari cahaya matahari banyak yang terperangkap dan memicu pemanasan global (*global warming*).



Sumber : IEA, *CO2 emissions from energy combustion and industrial processes, 1900-2021*

Gambar 2. Emisi CO2 dari pembakaran energi dan proses industri, 1900-2021

Dari tahun 1900-an akumulasi emisi GRK terutama CO2 selalu mengalami peningkatan yang signifikan. Gas CO2 merupakan gas yang paling dominan dari jumlah emisi GRK di udara. Pada tahun 2021 tingkat emisi CO2 naik menjadi 36,3Gt dan menjadi rekor tertinggi. Peningkatan sebesar 6% dari tahun 2020

mendorong emisi menjadi meningkat tajam dari tahun sebelumnya. Hal merupakan tugas dan tanggung jawab Bersama negara-negara di dunia, karena dampak buruk dari emisi GRK juga akan dirasakan oleh seluruh negara yang ada di bumi. Besarnya pengaruh GRK terhadap lingkungan menjadi masalah yang serius untuk dihadapi. Dalam persoalan ini tidak hanya bangsa Indonesia namun juga seluruh negara turut massif dalam upaya penanganan dan mitigasi upaya untuk menurunkan GRK.

2.4 Instrumen kebijakan dalam penanganan GRK

Pada sudut pandang pemerintah, wewenang mutlak dalam hal pembuat kebijakan menjadi instrumen utama dalam mengatasi masalah GRK, namun tentu saja dalam pembuatan dan pelaksanaan kebijakan agar berjalan dan terlaksana dengan optimal perlu pendanaan yang tidak sedikit juga. Berbagai upaya juga telah dilakukan oleh pemerintah Indonesia dalam rangka berkontribusi dalam penurunan emisi GRK global. Pada penerapannya dalam hal pelaksanaan mitigasi emisi GRK, terutama dalam hal pendanaan kegiatan dan pelaksanaan kebijakan pemerintah Indonesia telah merencanakan dengan matang. Dalam hal alokasi dana serta rencana kebijakan pemerintah sudah diatur dalam Perpres Nomor 61 tahun 2011 tentang RAN-GRK dan dalam Peraturan Presiden Nomor 71 tahun 2011 mengenai Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Sampai saat ini bangsa Indonesia masih secara massif berkontribusi dalam upaya mitigasi dan penurunan emisi gas rumah kaca.

Peran pendanaan dalam upaya pemerintah berkontribusi dalam upaya penurunan GRK sangat vital. Pendanaan anggaran dalam upaya mitigasi GRK dan perubahan iklim perlu digunakan untuk membiayai output yang spesifik dalam berbagai pelaksanaan kebijakan. Sistem pendanaan anggaran penanganan GRK dan perubahan iklim yang telah di bangun sejak 2016 merupakan salah satu upaya untuk mendukung pengelolaan anggaran penanganan

GRK dan perubahan iklim agar lebih terukur. Dalam rangka mendukung komitmen nasional dalam upaya mitigasi dan penurunan GRK dan perubahan iklim serta prioritas nasional lainnya dalam hal terkait masalah tersebut, pemerintah Indonesia melalui kementerian/Lembaga selalu memberikan informasi perkembangan anggaran penanganan GRK dan perubahan iklim dalam APBN tahun 2018-2020 (Laporan Anggaran Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim, 2018-2020). Dengan adanya NDC sebagai komitmen Indonesia di tingkat global dan RPJMN 2020-2024 sebagai arah pembangunan nasional, APBN pun juga diarahkan untuk mendukung kedua kebijakan tersebut. APBN akan menjadi katalisator dalam proses pembangunan nasional yang rendah emisi dan berdaya tahan iklim.

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode kualitatif dengan cara mencari dan membandingkan data-data yang sudah ada dari berbagai referensi. Dengan sudah tersedianya data dari penelitian terdahulu serta keterbatasan waktu dan tempat penelitian, membuat penulis memilih dan menggunakan metode ini pada penelitian ini. Dengan sudah tersedianya data dan informasi dari berbagai sumber yang ada, melalui penelitian kali ini diharapkan para pembaca lebih mudah memahami informasi terkait tema yang diteliti.

4. HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Komitmen Pemerintah dalam upaya penurunan GRK

Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk lebih dari 270 juta dan menjadi negara terbesar ke-5 dengan Gross Domestic Product (GDP) di Asia. Dengan skala ini, Indonesia menjadi bagian dari carbon emitters atau negara penghasil emisi Gas Rumah Kaca (GRK) terbesar (Kaneko and Kawanishi 2016). Indonesia juga berkomitmen untuk ikut berkontribusi dalam upaya mengatasi perubahan iklim yang disampaikan secara langsung oleh presiden RI, Susilo Bambang Yudhoyono, dalam KTT G20 di

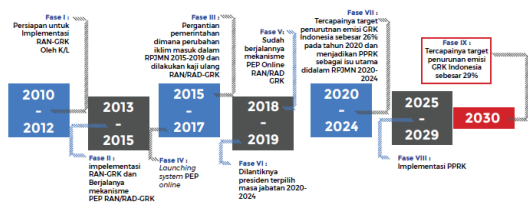
Pittsburgh, Amerika Serikat pada tanggal 25 September 2009 lalu. Tahun 2020 Indonesia menargetkan pengurangan emisi Gas Rumah Kaca (GRK) sebesar 26% dengan usaha mandiri dan mencapai 41% dengan bantuan dari pendanaan internasional. Hal ini mendorong pemerintah untuk menjadikannya sebagai salah satu program nasional yang dicantumkan dalam Peraturan Presiden no. 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca

Dalam peraturan tersebut terdapat enam (6) bidang utama terkait program penurunan GRK dan terdapat dua (2) yang harus mendapatkan perhatian khusus terkait penurunan emisi GRK, sektor kegiatan berbasis lahan, seperti lahan gambut dan pertanian serta sektor kehutanan menjadi sorotan utama karena kontribusi sektor tersebut merupakan terbesar sebagai penghasil emisi GRK di Indonesia.

Setelah penetapan Perpres no. 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional penurunan emisi Gas Rumah Kaca (RAN GRK), tahun selanjutnya disusul dengan Rencana Aksi Daerah penurunan emisi Gas Rumah Kaca (RAD GRK) yang diatur dalam Peraturan Gubernur di seluruh provinsi di Indonesia. Namun, kegiatan dan program dalam pencegahan dan mitigasi yang dicantumkan dalam RAN dan RAD GRK pada dasarnya merupakan program kerja yang hanya dapat dilaksanakan di tingkat Kementerian dan Lembaga dan SKPD serta telah dicantumkan dalam RPJMN.

Dengan adanya instrumen kebijakan ini, diharapkan bahwa berbagai daerah di Indonesia dapat menjalankan program penurunan emisi GRK dan adaptasi perubahan iklim. Pemerintah Indonesia berdasarkan pembukaan UUD 1945 yang menjadi pedomannya dan prinsip hubungan luar negeri bebas aktif, selalu berupaya untuk berkontribusi dalam ranah global yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat. Pemerintah Indonesia juga berperan aktif dalam berbagai konferensi internasional dan membuat kesepakatan untuk menangani emisi GRK dan perubahan iklim secara global. Sebagai bentuk konsistensi dalam upaya penanganan penurunan GRK pemerintah membuat program lintas bidang dalam RPJMN

2015-2019. Komitmen pemerintah dalam berkontribusi penurunan emisi GRK sudah dan akan melalui beberapa tahap yang penting, secara umum dapat dilihat dari gambar berikut ini.



Sumber : Laporan Implementasi Perencanaan Pembangunan Rendah Karbon, BAPPENAS 2019

Gambar 3. Milestones Upaya Menurunkan Emisi GRK

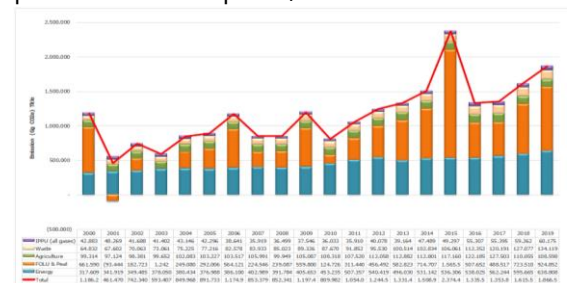
Tahun 2015 merupakan tahap pengkajian ulang RAN/RAD-GRK dimana perubahan iklim masuk dalam RPJMN 2015-2019. Pada tahap pelaksanaan tahun kedelapan RAN/RAD-GRK pada tahun 2018 oleh kementerian/Lembaga serta pemerintah daerah diakomodasi oleh APBN, APBD, pihak swasta, masyarakat dan berbagai program kerja sama internasional baik yang bersifat bilateral maupun multilateral. Dalam pelaksanaannya kementerian PPN/Bappenas berperan penting dalam pembuatan laporan inventarisasi emisi GRK di Indonesia dengan merancang indikator-indikator yang menjadi dasar penilaian dalam inventarisasi emisi GRK. Pada tahun 2017 Bappenas menambah satu indikator pada dasar penilaian, yakni Intensitas emisi GRK. Penambahan indikator ini sebagai tanda perubahan konsep RAN/RAD-GRK yang mulanya hanya fokus pada penurunan emisi GRK menjadi PPRK dengan mempertimbangkan berbagai aspek, baik ekonomi, politik, sosial serta usaha dalam penurunan emisi GRK. Pada fase ketujuh tahun 2020 pemerintah menargetkan penurunan emisi GRK Indonesia pada angka 26% atau sebesar 0,767 GtCO₂. dan menjadikan PPRK menjadi isu utama dalam RPJMN 2020-2024. Target ini bertambah 15% (0,477 GtCO₂) dan menjadi 41% penurunan emisi GRK apabila ada

dukungan dari dunia internasional (Bappenas, 2019)

Upaya yang ditempuh pemerintah dalam mencapai target penurunan emisi GRK pada tahun 2020 yakni :

- 1) Pengelolaan lahan gambut secara berkelanjutan
- 2) Pengurangan tingkat deforestasi dan degradasi lahan
- 3) Pengembangan penyerapan karbon
- 4) Mempromosikan penghematan energi
- 5) Pengembangan sumber energi alternatif dan terbarukan
- 6) Pengurangan limbah padat dan cair
- 7) Pengalihan moda transportasi yang rendah emisi.

Untuk mencapai tujuan dan target tersebut perlu dirancang berbagai rencana aksi dan kebijakan pemerintah yang diselaraskan dengan program kerja mitigasi penurunan emisi GRK dan perubahan iklim di setiap kementerian/Lembaga dan pemerintah daerah provinsi dan kabupaten/kota.



Sumber : Laporan Bappenas, 2020

Gambar 4. PROFIL EMISI GRK NASIONAL TAHUN 2000-2019(BAPPENAS 2020)

Tahun 2019 jumlah emisi GRK yang dihasilkan bangsa Indonesia menurut inventarisasi emisi oleh Bappenas mengalami peningkatan dibandingkan tahun sebelumnya. Indonesia telah menyatakan komitmennya pada Conference of Parties (COP) pada tahun 2009 untuk melakukan upaya menurunkan emisi GRK sebesar 26% dengan usaha sendiri dan sebesar 41% dengan dukungan dan

bantuan Internasional pada tahun 2020. Meskipun data emisi pada 2019 meningkat, hal tersebut dapat ditangani dengan baik oleh kebijakan yang dibuat oleh pemerintah Indonesia.

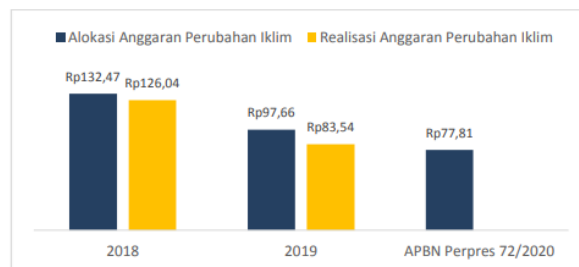
4.2 Instrumen pendanaan dalam pelaksanaan kebijakan penurunan emisi GRK

Perubahan iklim dan emisi GRK menjadi persoalan yang serius dan harus dihadapi oleh seluruh negara-negara di dunia, tak terkecuali Indonesia. Permasalahan ini tidak hanya berdampak pada lingkungan saja, tetapi juga dalam isu pembangunan yang mana hal ini berdampak juga terhadap sektor keuangan, ekonomi, sosial, pembiayaan dan sebagainya. Menanggapi hal tersebut pemerintah Indonesia menjadikan isu ini menjadi masalah utama dalam prioritas RPJMN 2020-2024. Oleh karena itu dalam upaya mengatasi masalah emisi dan perubahan iklim bangsa Indonesia berkomitmen dalam mengatasi masalah ini. Berdasarkan komitmen bangsa dalam RPJMN 2020-2024, pencapaian target penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) membutuhkan dana yang tidak sedikit. Pemerintah menyampaikan estimasi biaya yang dibutuhkan untuk mencapai target penurunan emisi tahun 2030 yakni sebesar US\$247,2 miliar atau sekitar Rp3,461 triliun. Atau dalam setahun memerlukan biaya Rp266,2 triliun. Dari hasil pendanaan anggaran perubahan iklim (CBT) sejak 2016 hingga tahun 2020, APBN hanya dapat memenuhi sekitar Rp86,7 triliun per tahunnya atau sekitar 34% dari total dana yang dibutuhkan (Sri Mulyani Indrawati, 2021).

Namun demikian, pemerintah Indonesia masih memiliki financial gap yang besar untuk memenuhi biaya dari target kebutuhan pendanaan. Diperlukan dukungan pendanaan yang sangat besar untuk meningkatkan daya tahan terhadap iklim di Indonesia. Untuk membantu pendanaan perubahan iklim dan dalam upaya penurunan GRK, pemerintah Indonesia telah menerbitkan green sukuk pertama kali di pasar global pada tahun 2018 dengan nominal sebesar USD 1,25 milyar dengan underlying berupa proyek-proyek hijau di kementerian/Lembaga di Indonesia. Pada

April 2022, pemerintah Indonesia menghadiri rangkaian pertemuan tahunan kelompok Bank Dunia (world bank) di Washington, D.C., Amerika Serikat. Salah satu isu yang dibahas pada pertemuan ini yakni membahas perubahan iklim (Koalisi) dimana Indonesia menjadi Co-Chair Bersama dengan Finlandia. Pertemuan koalisi ini membahas dua topik yakni pengelolaan kebijakan iklim di tengah keterbatasan fiskal dan volatilitas energi serta pendekatan multilateral untuk harga karbon.

Pemerintah Indonesia selalu berupaya secara aktif untuk berkontribusi mengatasi isu-isu global terutama mengenai penanganan emisi GRK dan perubahan iklim dengan usaha sendiri maupun dengan melakukan hubungan internasional demi mencari dukungan terutama dalam hal pendanaan. Dalam rangka mengimplementasikan dan tindak lanjut dari hasil persetujuan Paris, Pemerintah Indonesia juga sudah Menyusun rencana dan strategi untuk mencapai target pengendalian perubahan iklim (*climate change*) atau Nationally Determined Contribution (NDC) pada tahun 2016. Target yang dimaksud yakni melakukan penanganan dalam upaya penurunan emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 29% dengan usaha sendiri dan 41% dengan bantuan internasional pada tahun 2030. Pada tahun 2020 isu perubahan iklim dan penanganan GRK menjadi isu prioritas yang dimasukkan dalam RPJMN 2020-2024, dengan salah satu program yang penting yaitu Perencanaan Pembangunan Rendah Karbon (PPRK).



Sumber : Laporan Anggaran Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim, 2018-2020

Gambar 5. Alokasi dan Realisasi Anggaran Perubahan Iklim Tahun 2018-2020 (Rp Triliun)

Pada (Gambar 5) dapat dilihat bahwa pada tahun 2018 pemerintah telah mengalokasikan dan untuk menangani isu perubahan iklim dan penanganan GRK sebesar Rp132,47 triliun, jumlah ini telah mengalami peningkatan dari tahun sebelumnya yang hanya sebesar Rp72,4 triliun pada tahun 2016. Hasil pendanaan untuk isu perubahan iklim dan penanganan GRK di elaborasi dengan berdasarkan beberapa indikator yakni: output, kementerian/Lembaga, dan sektor mitigasi perubahan iklim dalam NDC. Namun realisasi anggaran pada tahun 2018 hanya sebesar Rp126,04 triliun (95,1%) dari total anggaran. Dapat kita ketahui bahwa kinerja K/L dalam mengimplementasikan anggaran untuk isu perubahan iklim dan penanganan GRK belum maksimal. Pada tahun 2019 alokasi anggaran untuk menangani isu perubahan iklim dan penanganan GRK sebesar Rp97,66 triliun dengan realisasi anggaran sebesar Rp83,54 triliun (85,5%). Pada tahun 2019 terdapat 17 kementerian/Lembaga yang melakukan pendanaan anggaran pada isu perubahan iklim dan penanganan GRK, dimana hanya tiga kementerian yang melakukan pendanaan dengan baik dalam mitigasi dan adaptasi perubahan iklim (BKF, 2020).

Sedangkan pada tahun 2020, bangsa bangsa Indonesia bahkan seluruh dunia digemparkan dengan adanya bencana yang hadir yakni COVID-19. Alokasi anggaran pada tahun ini menurun dari pada tahun 2019, yakni hanya sebesar Rp77,81 triliun yang telah ditetapkan dalam APBN Perpres 72/2020. Dalam hal ini kita dapat mengetahui bahwa bangsa Indonesia benar-benar menjaga komitmennya dalam mengatasi isu perubahan iklim dan penanganan GRK global. Meskipun terjadi penurunan pendapatan negara akibat COVID-19, namun isu perubahan lingkungan masih tetap dijaga dan dilaksanakan dengan baik oleh pemerintah Indonesia. Pada tahun 2020, alokasi anggaran untuk isu perubahan iklim dan penanganan GRK untuk membangun infrastruktur rendah karbon telah mencapai Rp72,8 triliun dengan total output adalah 62. Semestara anggaran dana bagi sektor non-infrastruktur berjumlah Rp5,01 triliun (6,4%) dengan total 138 *output*. Anggaran untuk sektor infrastruktur bersumber dari Kementerian PUPR, Kementerian Perhubungan,

Kementerian ESDM, Kementerian ATR/BPN, dan BNPB.

Berdasarkan laporan hasil inventarisasi emisi GRK di Indonesia yang dilakukan tiap tahun oleh Bappenas membuktikan bahwa pemerintah Indonesia sangat memperhatikan isu emisi GRK dan perubahan iklim (*climate change*) dan sangat berkomitmen dalam melaksanakan hasil kesepakatan Paris, pada tahun 2016. Indonesia telah menetapkan target penurunan emisi GRK hingga 2030 dimana dalam prosesnya memerlukan anggaran yang tidak sedikit. Komitmen bangsa dalam melaksanakan kesepakatan Paris juga membutuhkan dukungan yang sangat besar dari berbagai pihak, baik itu dari masyarakat, swasta, pemerintah daerah dan dukungan internasional. Alokasi anggaran merupakan instrumen vital bagi pelaksanaan penanganan GRK dan perubahan iklim demi tercapainya target NDC global tahun 2030.

5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Sejak tahun 1900an jumlah emisi GRK di udara selalu meningkat akibat dari berbagai aktivitas manusia. Bahkan sejak dua dekade terakhir menjadi tahun-tahun terpanas di bumi, hal ini disebabkan karena kenaikan emisi GRK yang signifikan di atmosfer yang menyebabkan gas-gas emisi yang dihasilkan akibat kegiatan manusia terkumpul dan menciptakan efek rumah kaca (*greenhouse effect*) di bawah lapisan atmosfer. Dampak dari hal ini akan menyebabkan pemanasan global (*global warming*) yang pada jangka Panjang akan menyebabkan perubahan iklim (*climate change*) di seluruh dunia. Dampak buruk lainnya dari pemanasan global yakni dapat menyebabkan hancurnya gletser dan gunung es di kutub utara dan selatan bumi, hal akan mengakibatkan volume permukaan air laut naik dan daratan yang cenderung memiliki ketinggian rendah akan tenggelam.

Untuk mengatasi isu penanganan GRK dan perubahan iklim (*climate change*) negara-negara di dunia mengadakan kesepakatan internasional. Konferensi antar negara tak terkecuali Indonesia dalam menghadapi isu ini pertama kali diadakan di Pittsburgh, Amerika Serikat pada tahun 2009. Tindak lanjut dalam

melaksanakan hasil kesepakatan ini pemerintah Indonesia yang pada saat itu dipimpin oleh Presiden Bambang Yudhoyono membuat menetapkan Peraturan Presiden Nomor 61 tahun 2011 tentang RAN-GRK dan Peraturan Presiden Nomor 71 tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional. Selanjutnya pada tahun 2016 diselenggarakan lagi konferensi Paris yang mana hal ini merupakan upaya dunia internasional untuk turut serta secara masif dalam mengatasi isu emisi GRK dan perubahan iklim yang mana pada saat itu diperkirakan bahwa kenaikan suhu global hamper mencapai 2°C per tahun. Kemudian tindak lanjut pemerintah Indonesia dalam melaksanakan hasil kesepakatan yaitu dengan mengalokasikan anggaran untuk mengatasi masalah emisi GRK dan perubahan iklim di Indonesia. Pada tahun 2018 jumlah pendanaan anggaran untuk mengatasi isu ini sebesar RP132,47 triliun, Rp97,66 triliun pada tahun 2019 dan Rp77,81 pada 2020.

Penurunan jumlah anggaran untuk menangani isu emisi GRK disebabkan oleh pandemi Covid-19 yang melanda seluruh negara di dunia. Kemudian pada 2020 sendiri isu emisi GRK dan perubahan iklim (*climate change*) menjadi salah satu isu prioritas yang kemudian ditetapkan oleh presiden di dalam RPJMN 2020-2024. Jumlah dana yang dibutuhkan pemerintah Indonesia untuk mencapai target penurunan emisi GRK (NDC) hingga 2030 yakni sebesar US\$247,2 miliar atau sekitar Rp3,461 triliun. Dari jumlah tersebut dapat kita ketahui bahwa untuk mengatasi isu emisi GRK dan perubahan iklim membutuhkan anggaran yang tidak sedikit. Komitmen bangsa Indonesia dalam mengatasi isu perubahan iklim telah dilakukan sejak 2011 hingga pada tahun 2020 isu emisi GRK dan perubahan iklim menjadi isu prioritas yang dicantumkan dalam RPJMN 2020-2024.

Pendanaan merupakan instrumen yang sangat penting dalam melaksanakan suatu kebijakan. Tanpa adanya anggaran dana, suatu kebijakan tidak akan pernah bisa berjalan. Dalam hal komitmen bangsa Indonesia dalam berkontribusi secara aktif dalam mengatasi permasalahan emisi GRK dan perubahan iklim (*climate change*) telah mengalokasikan dana

dalam APBN setiap tahunnya untuk focus mengatasi isu emisi GRK dan perubahan iklim dimana kementerian/Lembaga menjadi eksekutor dari dana tersebut. Pemerintah juga berharap bahwa setiap K/L, pemerintah daerah, pihak swasta dan masyarakat dapat secara aktif ikut berkontribusi dan mendukung program pemerintah dalam upayanya untuk menurunkan kadar emisi GRK di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad El Zein, N. C. (2015). *The Effect of Greenhouse Gases on Earth's Temperature*. International Journal of Environmental Monitoring and Analysis, 3(2), 74-79. <https://doi.org/10.11648/j.ijema.20150302.16>
- BKF Kementerian Keuangan.(2020). *Laporan Anggaran Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim Tahun 2018-2020*. Badan Kebijakan Fiskal Kementerian Keuangan.
- BKF, Kementerian Keuangan. (2019). *Pendanaan Publik untuk Pengendalian Perubahan Iklim Indonesia 2016-2018*. Badan Kebijakan Fiskal, Kementerian Keuangan.
- IEA (2022), Tinjauan Energi Global: Emisi CO₂ pada tahun 2021, IEA, Paris
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change 2006. IPCC Guideline for National Green House Gass Inventories. (2006). *Volume 4 Agriculture, Forestry and Other Land Use. National Green House Gass Inventories Programme*. IGES. Japan.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate change). (2007). Industry. *Climate change 2007*, 447-496.
- Kementerian PPN/Bappenas. (2019). *Laporan Implementasi Perencanaan*

- Pembangunan Rendah Karbon*. Kementerian PPN/Bappenas. Kementerian Lingkungan Hidup. (2020). *Laporan Inventarisasi Gas Rumah Kaca (GRK) dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV) Tahun 2020*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim.
- Kementerian PPN/Bappenas. (2011). *Pedoman Pelaksanaan Rencana Aksi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca*. Kementerian PPN/Bappenas.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2012). *Hari lingkungan hidup sedunia, 5 Juni 2012: Ekonomi hijau : ubah perilaku, tingkatkan kualitas lingkungan*. Kementerian Lingkungan Hidup
- Manuri. S, Chandra A.S.P, Agus D.S. (2011). Teknik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan. *Merang REDD Pilot Project - German International Cooperation* (MRPP-GIZ).
- Mosier, A.R. (2001). *Exchange of gaseous nitrogen compound between agricultural system and the atmosphere*, Plant Soil 228:17-27.
- Oenema, O., N. Warage, G.L. Velthof, J.W. van Gronigen, J. Dolfing, and P.J. Kuikman. (2005). *Trends in global nitrous oxide emission from animal production systems*. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 72: 51-65.
- Okezone. (2014, 13 Juli). Hadapi Perubahan Iklim, Sri Mulyani Kembangkan Kerangka Fiskal : Okezone economy . <https://ekonomi.okezone.com/>.
- Paustian, K., B.A. Babcock, J. Hatfield, R. Lal, B.A. McCarl, S. MacLaughlin, A. Mosier, C. Rice, G.P. Robertson, and D. Zilberman. (2004). *Agricultural Mitigation of Greenhouse Gases: Science and Policy option*. *CAST Report R 141 2004*. 120 pp.
- Pratama, R. (2019). Efek rumah kaca terhadap bumi. *Buletin Utama Teknik*, 14(2), 120-126.
- Smith, K.A. and F. Conen. (2004). *Impact of land management on fluxes of trace greenhouse gases*. *Soil Use Manag.* (20): 255-263.
- Watson, H. L. (2006). Climate: US has always made IPCC drafts available. *Nature*, 441(7092), 406-406. <https://doi.org/10.1038/441406b>