

## KEBERKESANAN DASAR PERUBAHAN IKLIM MALAYSIA: ANALISIS PRESTASI PERLAKSANAAN PEMBANGUNAN RENDAH KARBON (2010-2020)

*The Effectiveness of Malaysia's Climate Change Policy: An Analysis of the Performance of Low Carbon Development Implementation (2010-2020)*

RICKY ANAK KEMARAU<sup>1</sup>, NIK NORLIATI FITRI MD NOR<sup>2\*</sup>, ZAINI SAKAWI<sup>1</sup>, OLIVER VALENTINE EBOY<sup>3</sup> & STANLEY ANAK SUAB<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Pusat Pencerapan Bumi, Institut Perubahan Iklim, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor.

<sup>2</sup>Bahagian Geografi, Pusat Pendidikan Jarak Jauh, Universiti Sains Malaysia, 11800 USM, Penang.

<sup>3</sup>Program Geografi, Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Malaysia Sabah, 88400 Kota Kinabalu, Sabah.

<sup>4</sup> Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, Sapporo 060-0810, Japan.

\*Corresponding author: [rickykemarau@ukm.edu.my](mailto:rickykemarau@ukm.edu.my)

Received: 4 March 2024; Revised: 11 June 2024; Accepted: 22 June 2024; Published:

To cite this article (APA): Ricky, A. K., Nik Norliati Fitri, M. N., Zaini, S., Oliver, V. E., & Stanley, A. S. (2024). The Effectiveness of Malaysia's Climate Change Policy: An Analysis of the Performance of Low Carbon Development Implementation (2010-2020). *GEOGRAFI*, 12(1), 64–83. <https://doi.org/10.37134/geografi.vol12.1.4.2024>

**ABSTRAK** Artikel ini mengkaji tindak balas Malaysia terhadap cabaran perubahan iklim selepas sedekad pelaksanaan Dasar Perubahan Iklim Kebangsaan. Penilaian keberkesanan Dasar Perubahan Iklim Malaysia masih kurang dikupas dan dianalisis dalam mengenalpasti kekurangan sesuatu dasar bagi menjadi rujukan kepada pembangunan dasar baharu terutamanya berkaitan dasar perubahan iklim di Malaysia. Melalui analisis data sekunder daripada laporan kerajaan, penerbitan ilmiah, dan sumber data antarabangsa, kajian ini bertujuan untuk menilai kejayaan Malaysia dalam mengurangkan pelepasan gas rumah hijau, meningkatkan kesedaran masyarakat, dan menyesuaikan diri dengan perubahan iklim. Dengan menggunakan pendekatan analisis dokumen, kajian ini mendapati berlaku peningkatan pelepasan daripada beberapa sektor, namun terdapat kemajuan ketara dalam pengurangan pelepasan melalui inisiatif tenaga boleh baharu dan dasar kecekapan tenaga. Hasil kajian ini menunjukkan bahawa Dasar Perubahan Iklim Malaysia telah mengukuhkan keupayaan negara untuk menyesuaikan diri dengan perubahan iklim. Walaubagaimanapun, masih terdapat ruang untuk penambahbaikan dalam mengintegrasikan strategi mitigasi dan adaptasi yang lebih berkesan. Implikasi daripada kajian ini penting bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan pembentukan dasar awam yang lebih responsif terhadap cabaran perubahan iklim global dan tempatan. Kajian ini mencadangkan agar Malaysia terus meningkatkan usaha mitigasi dan adaptasi,

dengan memberi tumpuan kepada peningkatan kecekapan penggunaan sumber dan aplikasi teknologi mesra alam untuk menyokong pembangunan mampan dan rendah karbon.

**Kata kunci:** Perubahan iklim, dasar perubahan iklim kebangsaan, pencapaian

**ABSTRACT** *This article examines Malaysia's response to the challenges of climate change after a decade of implementation of the National Climate Change Policy. The evaluation of the effectiveness of Malaysia's Climate Change Policy is still lacking in identifying the shortcomings of a policy to serve as a reference for the formulation of new policies, especially those related to climate change policies in Malaysia. Through the analysis of secondary data from government reports, scholarly publications, and international data sources, the study aims to assess Malaysia's success in reducing greenhouse gas emissions, raising public awareness, and adapting to climate change. By using a document analysis approach, the study found that there has been an increase in emissions from several sectors, but there has been significant progress in reducing emissions through renewable energy initiatives and energy efficiency policies. The results of this study show that Malaysia's Climate Change Policy has strengthened the country's ability to adapt to climate change. However, there is still room for improvement in integrating more effective mitigation and adaptation strategies. The implications of this study are important for the development of knowledge and the formulation of public policies that are more responsive to global and local climate change challenges. The study recommends that Malaysia continue to scale up mitigation and adaptation efforts, with a focus on improving the efficiency of resource use and the application of environmentally friendly technologies to support sustainable and low-carbon development.*

**Keywords:** Climate change, national climate change policy, achievements

## 1. Pengenalan

Dalam menghadapi perubahan iklim yang semakin mendesak, kajian tentang tindak balas dan penyesuaian dasar polisi menjadi amat penting. Penulisan ini diilhamkan daripada Laporan Khas IPCC tentang Pemanasan Global 1.5°C, yang menyatakan bahawa peningkatan suhu global telah mencapai kira-kira 1.0°C di atas paras pra-industri sehingga tahun 2017 dan dijangka akan meningkat sebanyak 1.5°C antara tahun 2030 dan 2052 jika pelepasan gas rumah hijau terus berlaku pada kadar semasa (Masson-Delmotte et al., 2022). Kesan daripada pemanasan global ini adalah meluas dan serius, merangkumi peningkatan kekerapan dan intensiti fenomena cuaca ekstrem, kenaikan paras laut, serta perubahan corak cuaca yang mempengaruhi pertanian, ekosistem, dan kehidupan manusia secara keseluruhan. Malaysia tidak terkecuali daripada menerima kesan perubahan iklim ini. Bencana alam yang berkaitan dengan iklim, seperti banjir dan kemarau, telah menyebabkan kerugian ekonomi yang besar, dengan kerugian yang ditanggung mencapai RM8 bilion (US\$1.9 bilion) dalam dua dekad yang lalu (Zurairi, 2018; Lamb et al., 2022; Kemarau et al., 2023). Suhu purata, maksimum, dan minimum di

Malaysia menunjukkan trend peningkatan, manakala curahan hujan juga meningkat, menandakan perubahan iklim yang ketara yang berpotensi mengancam kestabilan sosioekonomi dan kemampuan ekologi negara (Mayowa et al., 2016; World Bank Group, 2021; Richardson, 2022).

Penulisan artikel ini bertujuan membuat penilaian keberkesanan Dasar Perubahan Iklim Malaysia, sebagai usaha negara untuk mengurangkan pelepasan gas rumah hijau dan meningkatkan kesedaran serta adaptasi masyarakat terhadap perubahan iklim. Dengan mengintegrasikan penyesuaian dan adaptasi perubahan iklim ke dalam perancangan pembangunan nasional, Malaysia berusaha untuk menghadapi cabaran perubahan iklim ini secara proaktif dan mampan. Namun, adalah penting untuk menilai sejauhmana dasar ini telah mencapai tujuannya dan mengenal pasti ruang untuk penambahbaikan dalam mengukuhkan tindak balas nasional terhadap perubahan iklim. Maka, objektif utama kajian ini adalah untuk menilai keberkesanan Dasar Perubahan Iklim Malaysia dalam mengurangkan pelepasan gas rumah hijau, meningkatkan kesedaran dan penglibatan masyarakat dalam usaha mitigasi dan adaptasi, serta mengenal pasti peluang untuk penambahbaikan dasar dan amalan. Penyelidikan ini juga bertujuan untuk menyumbang kepada perbincangan global berkaitan strategi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim, selaras dengan komitmen global seperti yang dinyatakan dalam Perjanjian Paris (Schleussner et al., 2016). Melalui penilaian yang menyeluruh, kajian ini diharapkan dapat menyediakan pandangan yang berharga untuk pembentukan dasar perubahan iklim yang lebih berkesan dan responsif pada peringkat nasional dan antarabangsa.

## **2. Sorotan Literatur**

Dasar Perubahan Iklim Kebangsaan (DPIK) merupakan sebuah dokumen dasar yang menyediakan kerangka bagi negara untuk menangani cabaran dan peluang perubahan iklim secara holistik dan bersepadu. Dasar ini diperkenalkan dan diluluskan oleh Jemaah Menteri pada 20 November 2009. Objektif utama dasar ini diperkenalkan bertujuan mengintegrasikan tindak balas ke dalam dasar, pelan, dan program kebangsaan bagi memperkukuh daya tahan pembangunan daripada kesan semasa dan potensi perubahan iklim, memasukkan perubahan iklim melalui pengurusan sumber yang bijak dan pemuliharaan alam sekitar yang dipertingkatkan, menghasilkan daya saing ekonomi yang lebih mantap dan meningkatkan kualiti hidup, serta mengukuhkan kapasiti institusi dan pelaksanaan untuk mengeksploitasi peluang bagi mengurangkan kesan negatif perubahan iklim dengan lebih baik. Dasar Perubahan Iklim Kebangsaan Malaysia, yang diperkenalkan pada 20 November 2009, merupakan langkah penting bagi Malaysia dalam mengatasi isu perubahan iklim. Dasar ini dibangunkan dalam konteks

peningkatan kesadaran global tentang perubahan iklim dan keperluan untuk mengintegrasikan strategi mitigasi dan adaptasi ke dalam dasar negara.

Malaysia (Greene, 2000), sebagai ahli Konvensyen Rangka Kerja Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu berkaitan Perubahan Iklim (UNFCCC) dan penandatanganan Protokol Kyoto, telah komited untuk mengambil langkah proaktif dalam mengurangkan pelepasan gas rumah hijau dan meningkatkan daya tahan terhadap kesan perubahan iklim (Protokol Kyoto, 1997). Dasar ini bertujuan untuk mengurangkan kerentanan negara terhadap kesan perubahan iklim, mengenal pasti dan melaksanakan tindakan mitigasi yang sesuai untuk mengurangkan pelepasan gas rumah hijau, serta meningkatkan kesadaran dan penyertaan orang awam dalam usaha mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Dasar Perubahan Iklim Kebangsaan berdasarkan empat prinsip utama, iaitu kemampanan, pemuliharaan, penyelarasan, serta penyertaan dan tanggungjawab yang berbeza tetapi bersama (Dasar Perubahan Iklim Malaysia, 2010). Dasar ini juga mengenal pasti sepuluh tindakan utama, yang merupakan bidang tumpuan untuk mencapai objektif dasar. Antara tindakan utama tersebut adalah memperkukuh mekanisme pengurusan untuk menangani isu perubahan iklim dengan berkesan, memasukkan penyesuaian kepada perubahan iklim ke dalam dasar dan tindakan, memasukkan pembangunan rendah karbon ke dalam dasar dan tindakan, memacu teknologi hijau dan inovasi, meningkatkan penyelidikan dan pemerhatian sistematik, pengurusan pengetahuan, dan pendidikan, mengukuhkan advokasi, kesadaran, dan program penjangkauan, mengukuhkan program latihan dan pembangunan kapasiti, meningkatkan penyertaan masyarakat tempatan dan orang asli, mengukuhkan kerjasama serantau dan antarabangsa, serta membangunkan mekanisme fleksibel untuk pelaksanaan yang berkesan (Saad et al., 2018; Baharudin et al., 2023).

Untuk melaksanakan DPIK, kerajaan telah menubuhkan struktur pengurusan yang terdiri daripada pelbagai jawatankuasa, agensi, dan pihak berkepentingan pada pelbagai peringkat. Jabatan Perdana Menteri bertanggungjawab untuk mengawasi pelaksanaan keseluruhan DPIK, manakala Kementerian Alam Sekitar dan Air merupakan titik fokus untuk menyelaraskan aktiviti perubahan iklim di negara ini berasaskan prinsip DPIK 2009, iaitu pembangunan lestari, pemuliharaan alam sekitar dan penggunaan sumber asli yang lestari, tanggungjawab bersama berdasarkan keupayaan diri, pelaksanaan secara bersepadu, dan penglibatan yang berkesan. Jawatankuasa Pemandu Kebangsaan Perubahan Iklim (JPKPI) adalah badan pembuat keputusan tertinggi yang memberikan arahan dasar dan panduan berkaitan perkara berkaitan perubahan iklim. Jawatankuasa Teknikal Perubahan Iklim (JTPI) bertanggungjawab untuk memberikan input teknikal dan cadangan kepada JPKPI. Sekretariat Kebangsaan Perubahan Iklim adalah bahagian operasi yang menyokong JPKPI dan JTPI dalam melaksanakan DPIK.

### 3. Metodologi Kajian

Kajian ini menggunakan pendekatan gabungan kualitatif dan kuantitatif melalui analisis dokumen untuk menilai prestasi Dasar Perubahan Iklim Kebangsaan Malaysia selepas sedekad pelaksanaannya. Teras metodologi ini ialah analisis literatur dan data sekunder, bertujuan mengenal pasti, menilai, dan mensintesis data berkaitan keberkesanan dasar dalam mengurangkan pelepasan gas rumah hijau, meningkatkan kesedaran dan adaptasi masyarakat, serta memenuhi komitmen antarabangsa. Data dikumpulkan daripada pelbagai sumber sah dan relevan seperti laporan kerajaan, literatur ilmiah, dan data daripada badan antarabangsa. Laporan kerajaan termasuk Laporan Kemas Kini Dwitahunan kepada UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*) serta data daripada Kementerian Sumber Asli, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim. Literatur ilmiah pula meliputi jurnal berwasit, artikel, dan kajian terdahulu berkaitan dasar perubahan iklim, keberkesanannya, serta implikasinya terhadap sosioekonomi dan alam sekitar (Jadual 1). Data antarabangsa turut dirujuk, termasuk laporan daripada badan seperti IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), UNFCCC, dan Bank Dunia.

#### Jadual 1.

*Jenis data dan sumber data*

Jenis Data	Sumber Data
Laporan Kerajaan	Laporan Dwitahunan kepada UNFCCC Data daripada Kementerian Sumber Asli, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim
Literatur Ilmiah	Jurnal Berwasit Artikel Ilmiah
Data Antarabangsa	Laporan IPCC Data Daripada UNFCCC Laporan Bank Dunia

Analisis data dilakukan melalui beberapa langkah. Pertama, analisis kandungan dijalankan untuk memahami naratif dan tema dalam laporan serta literatur berkaitan prestasi dasar perubahan iklim. Kedua, analisis statistik menggunakan data kuantitatif untuk menganalisis trend pelepasan gas rumah hijau, keberkesanan tindakan mitigasi dan adaptasi. Teknik statistik seperti analisis trend serta perbandingan sebelum dan selepas digunakan. Pendekatan metodologi ini membolehkan penilaian yang komprehensif dan mendalam tentang keberkesanan Dasar Perubahan Iklim Kebangsaan

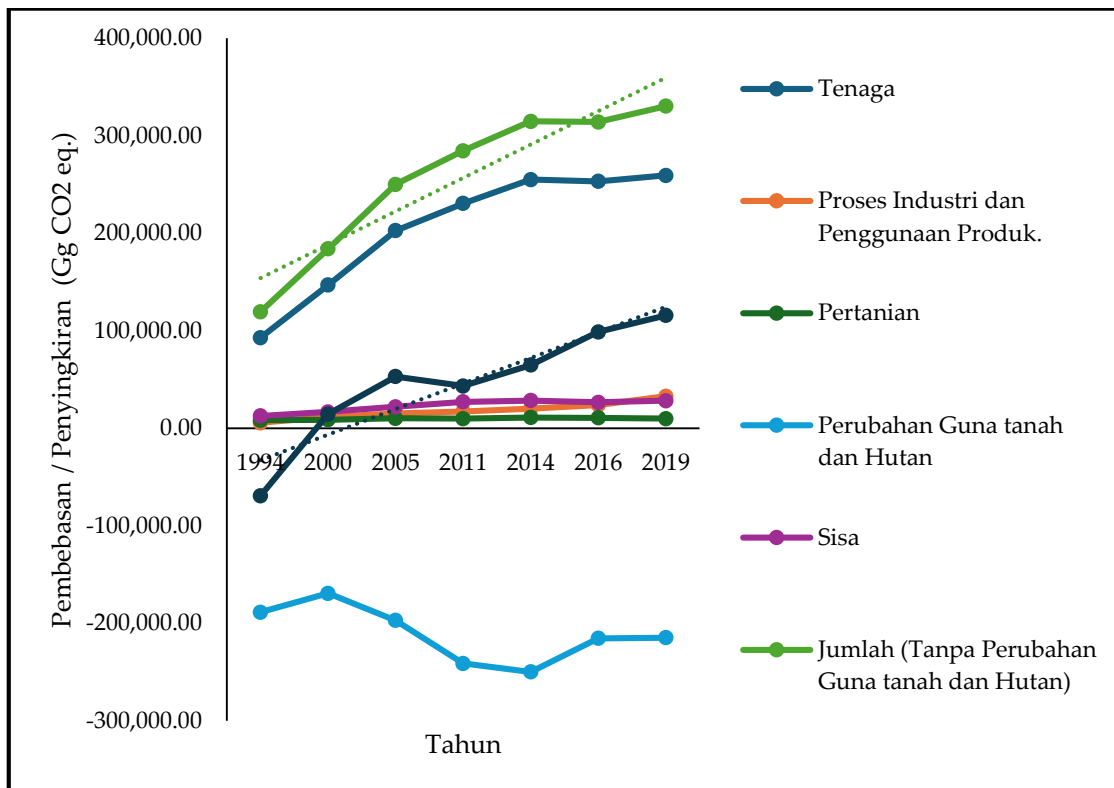
Malaysia. Ia menggabungkan analisis kualitatif dan kuantitatif daripada pelbagai sumber data untuk memberikan pandangan yang tersusun dan berdasarkan bukti. Hasil kajian ini membolehkan penilaian menyeluruh tentang prestasi dasar serta menyediakan cadangan penambahbaikan berasaskan bukti untuk dasar dan tindakan pada masa hadapan. Oleh itu, metodologi ini memberikan asas yang kukuh untuk menilai keberkesanan dasar secara holistik serta menghasilkan input berharga untuk memperkukuhkan usaha menangani cabaran perubahan iklim di Malaysia.

#### **4. Hasil Kajian dan Perbincangan**

DPIK menetapkan kerangka pemantauan dan penilaian yang terdiri daripada penunjuk, matlamat, asas, sumber data, dan mekanisme pelaporan untuk mengesan kemajuan dan keberkesanan pelaksanaan dasar ini. Kerangka pemantauan dan penilaian ini selaras dengan pelan pembangunan kebangsaan, seperti Rancangan Malaysia Kesepuluh (2011-2015), Rancangan Malaysia Kesebelas (2016-2020), dan Rancangan Malaysia Ke-12 (2021-2025). Dengan merujuk kepada Rajah 1, didapati pelepasan gas rumah hijau iaitu karbon dioksida dari tahun 1990 sehingga tahun 2019, dengan pengecualian perubahan guna tanah dan perhutanan, sektor tenaga menyumbang terbesar kepada pelepasan gas rumah hijau, meningkat secara purata tahunan sebanyak 80.55% dari tahun 2005 sehingga tahun 2019.

##### ***4.1 Kadar Pelepasan Gas Rumah Hijau Pasca Perlaksanaan DPIK 2010***

Berdasarkan analisis data pelepasan gas rumah hijau daripada tahun 2005 hingga tahun 2019, sektor tenaga telah menyaksikan peningkatan pelepasan pada kadar purata tahunan sebanyak 1.84% (Rajah 1). Dalam sektor tenaga, industri tenaga merupakan penyumbang utama kepada peningkatan ini, dengan kadar pertumbuhan pelepasan tahunan purata sebanyak 2.70% sepanjang tempoh tersebut. Ini diikuti oleh sektor pengangkutan, yang mencatatkan kadar pertumbuhan pelepasan tahunan purata sebanyak 3.44%, menjadikannya penyumbang tertinggi kedua kepada peningkatan pelepasan gas rumah hijau dalam sektor tenaga. Mulai tahun 2016, terdapat peningkatan ketara dalam pelepasan gas rumah hijau daripada industri pembuatan dan penggunaan tenaga dalam sektor pembinaan. Peningkatan ini dapat dikaitkan dengan pertumbuhan industri yang intensif tenaga, yang secara langsung menyumbang kepada peningkatan pelepasan gas rumah hijau seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1. Walau bagaimanapun, tidak semua subsektor dalam industri tenaga menunjukkan trend peningkatan pelepasan. Industri minyak dan gas, secara mengejutkan, mencatatkan kadar pertumbuhan negatif sebanyak -1.57% dalam pelepasan gas rumah hijau sepanjang tempoh yang sama (Rajah 1).



**Rajah 1.** Corak pembebasan dan penyingkiran CO<sub>2</sub>

*Sumber:* Laporan Kemas Kini Dwitahunan Keempat Malaysia yang diserahkan kepada Konvensyen Kerangka Bangsa-Bangsa Bersatu mengenai Perubahan Iklim pada Disember 2022 (Kementerian Sumber Asli Alam Sekitar dan Perubahan Iklim, 2022).

Penemuan ini menunjukkan keperluan untuk pendekatan yang lebih tertumpu dalam menangani pelepasan gas rumah hijau dalam sektor tenaga (Lamb et al., 2022). Walaupun pertumbuhan pelepasan dalam industri tenaga dan pengangkutan adalah membimbangkan, penurunan dalam pelepasan daripada industri minyak dan gas boleh memberikan panduan untuk amalan terbaik dalam mengurangkan pelepasan (Solaymani, 2019). Kerajaan dan industri perlu bekerjasama untuk membangunkan dan melaksanakan strategi pengurangan pelepasan yang berkesan, dengan tumpuan khusus kepada subsektor dengan kadar pertumbuhan pelepasan yang tinggi. Ini mungkin termasuk pelaburan dalam teknologi rendah karbon, penggalakan kecekapan tenaga, dan pengenalan dasar-dasar yang menyokong peralihan kepada sumber tenaga yang lebih bersih (Rissman et al., 2020). Hanya melalui tindakan bersepadu dan berterusan, Malaysia dapat mencapai matlamat pengurangan pelepasan gas rumah hijau dan menyumbang kepada usaha global untuk memerangi perubahan iklim.

Rajah 1 menunjukkan siri masa pelepasan gas rumah hijau untuk sektor proses industri dan penggunaan produk daripada tahun 1990 hingga tahun 2019. Sepanjang tempoh tahun 2005 sehingga tahun 2019, pelepasan gas rumah hijau daripada sektor ini meningkat pada kadar purata sebanyak 5.92% setahun. Industri mineral merupakan penyumbang utama kepada pelepasan gas rumah hijau dalam sektor ini, diikuti oleh industri kimia, logam, dan elektronik. Daripada segi pertumbuhan purata tahunan pelepasan, industri logam mencatatkan kadar tertinggi pada 21.03%, diikuti oleh penggunaan produk dan pengeluaran lain pada 17.84%, dan industri elektronik pada 7.51%. Peningkatan pelepasan gas rumah hijau daripada industri logam terutamanya disebabkan oleh pengeluaran besi dan keluli serta pengeluaran aluminium. Pada tahun 2019, terdapat peningkatan besar dalam pelepasan daripada pengeluaran besi dan keluli berikutan pembukaan kilang besi dan keluli yang baharu.

Walaupun industri mineral merupakan penyumbang tertinggi dalam sektor ini, kadar pertumbuhan tahunan purata pelepasan gas rumah hijau adalah sebanyak 1.88%. Corak pelepasan industri mineral berfluktuasi daripada tahun ke tahun bergantung pada permintaan untuk simen dalam industri pembinaan. Penemuan ini menunjukkan keperluan untuk memantau dan menangani pelepasan gas rumah hijau daripada pelbagai subsektor dalam sektor proses industri dan penggunaan produk. Walaupun industri mineral kekal sebagai penyumbang utama, pertumbuhan pesat dalam pelepasan daripada industri logam, terutamanya pengeluaran besi dan keluli, memerlukan perhatian khusus. Kerajaan dan industri harus bekerjasama untuk menggalakkan amalan terbaik, mempromosikan teknologi yang lebih bersih dan cekap, serta melaksanakan dasar-dasar yang menyokong pengurangan pelepasan gas rumah hijau dalam sektor ini. Dalam masa yang sama, memantau dan mengawal atur pelepasan daripada industri mineral juga penting untuk memastikan bahawa pertumbuhan industri pembinaan tidak membawa kepada peningkatan pelepasan gas rumah hijau yang tidak terkawal. Melalui pendekatan yang menyeluruh dan bersasar, Malaysia boleh berusaha untuk menyeimbangkan pembangunan industri dengan matlamat pengurangan pelepasan gas rumah hijau, selaras dengan komitmen globalnya terhadap perubahan iklim.

Pelepasan gas rumah hijau daripada sektor pertanian di Malaysia meningkat pada kadar purata -0.03% setahun dari tempoh tahun 2005 hingga tahun 2019. Kadar pertumbuhan pelepasan gas rumah hijau berfluktuasi daripada tahun ke tahun selaras dengan penggunaan baja oleh sektor tersebut. Pencemaran udara daripada penggunaan baja dalam aktiviti pertanian menyumbang kepada peningkatan pelepasan gas rumah hijau seperti oksida nitrus (N<sub>2</sub>O) dan metana (CH<sub>4</sub>). Pelepasan oksida nitrus dari tanah pertanian yang diuruskan adalah sumber terbesar pelepasan gas rumah hijau sepanjang tempoh tahun 2005 hingga tahun 2019, menyumbang purata sebanyak 49.02% daripada



jumlah pelepasan. Daripadanya, 37.84% adalah dari pelepasan N<sub>2</sub>O langsung dari tanah pertanian yang diuruskan manakala baki 11.18% adalah daripada pelepasan N<sub>2</sub>O tidak langsung dari tanah pertanian yang diuruskan. Kadar pertumbuhan tahunan purata untuk pelepasan N<sub>2</sub>O langsung dan tidak langsung daripada tanah pertanian yang diuruskan adalah 0.31% dan -0.23% masing-masing untuk tempoh yang sama. Sumber terbesar kedua adalah pelepasan CH<sub>4</sub> daripada penanaman padi dan sumber ini menyumbang purata tahunan sebanyak 20.84% daripada jumlah pelepasan gas rumah hijau sektor pertanian sepanjang tempoh ini. Penanaman padi secara besar-besaran menyumbang kepada peningkatan pelepasan gas metana kerana aktiviti pengairan sawah padi mewujudkan persekitaran anaerobik yang menggalakkan penghasilan metana oleh bakteria metanogenik. Kadar pertumbuhan tahunan purata pelepasan CH<sub>4</sub> daripada penanaman padi agak rendah pada 0.51%. Pelepasan metana daripada fermentasi enterik haiwan ternakan pula adalah sumber ketiga terbesar dan ini menyumbang purata tahunan sebanyak 13.56% daripada jumlah pelepasan gas rumah hijau dari tahun 2005 hingga tahun 2019.

Selain sektor pertanian, siri masa pelepasan dan penyingkiran gas rumah hijau untuk sektor Guna Tanah, Perubahan Guna Tanah dan Perhutanan juga diteliti (ditunjukkan dalam Jadual 2). Malaysia adalah negara yang sangat dinamik dengan perubahan guna tanah yang kerap dalam jangka masa yang singkat (Kemarau dan Eboy, 2021). Oleh itu, tanah sering berubah antara kategori guna tanah lebih daripada sekali dalam tempoh peralihan 20 tahun. Perubahan guna tanah yang kerap ini boleh menyebabkan anggaran berlebihan terhadap pelepasan dan penyingkiran gas rumah hijau (Houghton et al., 2012). Bagi mengatasi masalah ini, siri pemantauan dilakukan dan perubahan guna tanah perantaraan kemudian diperbetulkan untuk memastikan peralihan yang lebih lancar, supaya setiap perubahan guna tanah berkaitan dengan anggaran stok karbon yang lebih realistik. Usaha pembetulan ini telah dilakukan untuk tahun-tahun 1994 hingga tahun 1997 dan tahun 2015 hingga tahun 2019. Sebagai contoh, pada tahun 1994, walaupun tanah hutan telah dinyahwarta tetapi tidak ditebang dan menjadi hutan semula pada tahun 1996 hingga tahun 1997.

Purata penyingkiran CO<sub>2</sub> bersih tahunan untuk sektor perubahan guna tanah dan hutan dari tahun 2005 hingga tahun 2019 meningkat sebanyak 0.99% setahun. Penyingkiran bersih telah melebihi 200,000 Gg CO<sub>2</sub> dari tahun 2005 ke atas, di mana kadar kehilangan hutan adalah yang terendah dan agak stabil (Jadual 2). Namun, terdapat peningkatan dalam penebangan hutan dalam tempoh 2016 hingga 2019 untuk tujuan pembangunan bersama dengan kategori perubahan guna tanah yang dinamik dalam jangka masa yang singkat. Bagi tanah pertanian pula, jumlah penyingkiran gas rumah hijau bergantung kepada produktiviti dan harga komoditi (Valin et al., 2013). Jumlah penyingkiran dalam tanah pertanian berkurangan dari tahun 1990 hingga tahun

2019 disebabkan oleh peningkatan dalam produktiviti (Jadual 2). Demi menangani isu ini, Dasar Komoditi Kebangsaan menggariskan pendekatan strategik yang memberi tumpuan pada peningkatan produktiviti dan menghadkan pengembangan tanah pertanian ke kawasan hutan. Jadual 3 menunjukkan siri masa pelepasan gas rumah hijau untuk sektor sisa di Malaysia dari tahun 1990 hingga tahun 2019. Sektor sisa merujuk kepada pengurusan sisa pepejal dan cecair yang terhasil daripada aktiviti domestik, komersial dan industri. Pelepasan gas rumah hijau daripada sektor sisa di negara ini meningkat pada kadar purata sebanyak 1.89% setahun sepanjang tempoh 2005 hingga tahun 2019 (Jadual 2). Peningkatan ini disumbangkan terutamanya oleh pertambahan penduduk dan aktiviti ekonomi yang turut meningkatkan penghasilan sisa (Thyberg & Tonjes, 2016). Pelepasan gas dari rawatan air sisa dan pembuangan adalah sumber pelepasan gas rumah hijau terbesar daripada sektor sisa pada tempoh 2005 hingga tahun 2019 dan menyumbang kepada purata sebanyak 64.98% daripada jumlah pelepasan sektor ini. Daripada sumbangan ini, pelepasan dari air sisa industri menyumbang bahagian terbesar iaitu 57.09%, manakala pelepasan dari air sisa domestik menyumbang 7.89% dari jumlah pelepasan. Kadar pertumbuhan purata pelepasan dari air sisa industri dan air sisa domestik adalah 0.55% dan 0.10% masing-masing semasa tempoh tersebut. Sumber utama pelepasan daripada air sisa industri adalah daripada efluen kilang kelapa sawit yang mengandungi bahan organik terbiodegradasi seperti metana dan karbon dioksida (Jadual 2).

Sumber kedua terbesar pelepasan gas rumah hijau pula adalah pelepasan metana dari tapak pelupusan sisa pepejal dan sumber ini menyumbang purata sebanyak 34.87% dari pelepasan tahunan sektor sisa dari tahun 2005 hingga 2019 (Jadual 2). Penguraian bahan buangan organik seperti sisa makanan dan kebun di tapak pelupusan sisa pepejal berlaku secara perlahan dalam persekitaran anaerobik dan menghasilkan gas metana. Kadar pertumbuhan tahunan purata pelepasan daripada tapak pelupusan sisa pepejal semasa tempoh ini adalah sebanyak 4.79%, menunjukkan peningkatan yang ketara berbanding sumber pelepasan lain dalam sektor sisa. Peningkatan tersebut berkemungkinan besar disebabkan oleh faktor pertambahan penduduk, aktiviti pembandaran serta penjajahan kawasan baru yang turut meningkatkan penjanaan sisa pepejal. Jadual 2 memaparkan data berkaitan indeks pelepasan gas rumah hijau di Malaysia untuk tahun 2005, 2016, dan 2019. Data ini menggambarkan corak dalam jumlah pelepasan gas rumah hijau, pelepasan per kapita, serta pelepasan berkaitan dengan Keluaran Dalam Negara Kasar (KDNK). Angka pelepasan dinyatakan dengan dan tanpa mengambil kira faktor penggunaan tanah, perubahan penggunaan tanah, dan kegiatan perhutanan (dirujuk sebagai perubahan guna tanah dan hutan). Maklumat sedemikian adalah penting dalam menilai keberkesanan dasar iklim yang dilaksanakan serta mengukur kejayaan langkah-langkah mitigasi perubahan iklim oleh Malaysia.

Jadual 1 menunjukkan pertambahan populasi Malaysia daripada 26.0455 juta orang pada tahun 2005 kepada 32.5230 juta orang pada tahun 2019. Pada masa yang sama, terdapat kenaikan dalam KDNK berasaskan harga tetap 2015 daripada RM729,851 juta kepada RM1,423,952 juta, mencerminkan pertumbuhan ekonomi dan demografi negara. Pelepasan gas rumah hijau tanpa mengambil kira perubahan guna tanah dan hutan meningkat daripada 250.044 juta tan CO<sub>2</sub> pada tahun 2005 kepada 330.358 juta tan CO<sub>2</sub> pada tahun 2019. Peningkatan ini sejajar dengan perkembangan ekonomi dan pertambahan populasi.

## Jadual 2.

### *Indeks pelepasan gas rumah hijau untuk Malaysia*

Unit	2005	2016	2019	Perbezaan antara nilai 2019 dan 2005 (%)
Populasi (juta)	26.0455	31.6335	32.5230	24.87
KDNK pada harga tetap 2015 (juta RM)	729,851	1,229,312	1,423,952	95.10
Mengeluarkan Perubahan guna tanah dan hutan				
Jumlah pelepasan gas rumah hijau (CO <sub>2</sub> ) (juta tan)	250.044	314.179	330.358	32.12
Pelepasan per kapita (tan/kapita)	9.600	9.932	10.158	5.81
Pelepasan per KDNK (kg/RM)	0.3426	0.2556	0.2320	-32.28
Termasuk Perubahan guna tanah dan hutan				
Jumlah pelepasan gas rumah hijau (CO <sub>2</sub> ) (juta tan)	52.967	98.804	115.644	118.33
Pelepasan rumah hijau per kapita (tan/kapita)	2.034	3.123	3.556	74.85
Termasuk perubahan guna tanah dan hutan*				
Jumlah pelepasan rumah hijau (CO <sub>2</sub> ) (juta tan)	250.044	295.881	312.720	25.07
Pelepasan rumah per kapita (tan/kapita)	9.600	9.353	9.615	0.16
Pelepasan rumah hijau per KDNK (kg/RM)	0.3426	0.2407	0.2196	-35.90

Nota: Pendekatan perakaunan bersih-bersih telah digunakan untuk sektor perubahan guna tanah dan hutan\*

Sumber: Laporan Kemas Kini Dwitahunan Keempat Malaysia yang diserahkan kepada Konvensyen Kerangka Bangsa-Bangsa Bersatu mengenai Perubahan Iklim pada Disember 2022 – Kementerian Sumber Asli, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim, 2022.

Namun, pelepasan per kapita tidak meningkat setinggi jumlah pelepasan keseluruhan, menunjukkan peningkatan pelepasan tidak selari sepenuhnya dengan pertumbuhan populasi. Ini mungkin disebabkan langkah kecekapan tenaga dan pengurangan pelepasan oleh pelbagai sektor ekonomi dan masyarakat. Data juga menunjukkan penurunan dalam intensiti pelepasan berkaitan KDNK, yang mengukur pelepasan per unit KDNK. Ini menandakan peningkatan kecekapan ekonomi dan pengurangan kebergantungan kepada aktiviti penyumbang pelepasan gas rumah hijau yang tinggi. Walau bagaimanapun, apabila faktor perubahan guna tanah dan hutan dimasukkan dalam pengiraan, jumlah bersih pelepasan gas rumah hijau menurun dengan ketara (Fearnside et al., 2019) . Ini disebabkan peranan sektor perhutanan dan pertanian sebagai penampakan karbon semula jadi yang menyerap sebahagian besar gas rumah hijau daripada aktiviti manusia (Alemu, 2014). Oleh itu, usaha memelihara kawasan hutan dan tanah pertanian penting dalam strategi mengurangkan pelepasan bersih gas rumah hijau negara. Pelepasan gas rumah hijau berbanding KDNK (dalam kilogram per Ringgit Malaysia) menurun daripada 0.3426 kg/RM pada 2005 kepada 0.2320 kg/RM pada 2019 (Jadual 3). Ini menunjukkan peningkatan kecekapan ekonomi dengan ekonomi tumbuh menggunakan pelepasan lebih rendah, mungkin disebabkan penggunaan teknologi lebih hijau atau pengurusan sumber lebih cekap (Li et al., 2023). Apabila perubahan guna tanah dan hutan diambil kira, perubahan dalam pelepasan gas rumah hijau lebih ketara. Ini menandakan aktiviti seperti pembalakan, perubahan guna tanah, dan penebangan mempunyai pengaruh besar terhadap jumlah pelepasan negara. Ia menegaskan keperluan pengurusan sumber alam dan perubahan guna tanah lebih berkesan sebagai strategi mitigasi iklim (Duguma et al., 2014). Jadual 3 menunjukkan perbandingan peratusan antara data 2005 dengan 2019 bagi setiap metrik, memudahkan analisis corak pelepasan gas rumah hijau serta hubungannya dengan pertumbuhan populasi dan ekonomi.

### Jadual 3.

*Ringkasan pengurangan pelepasan yang dicapai (2017 - 2019)*

Sektor	Tindakan Mitigasi	Pengurangan Pelepasan 2017 (Gg CO <sub>2</sub> eq.)	Pengurangan Pelepasan 2018 (Gg CO <sub>2</sub> eq.)	Pengurangan Pelepasan 2019 (Gg CO <sub>2</sub> eq.)
Tenaga	Pelaksanaan Tenaga Boleh Diperbaharui (RE) melalui Tarif Masuk	507.51	676.59	908.98
	Penggunaan Biomass	115.48	129.88	151.28

	Penggunaan Biogas	100.20	169.09	232.88
	Pembinaan Hidro Kecil	47.26	44.99	170.39
	Pembinaan Tenaga Solar Fotovoltaik	244.57	332.64	354.42
	Projek RE Awam dan Swasta	233.19	378.19	292.33
	Pengukuran Tenaga Bersih	-	5.54	5.53
	Projek Solar Berskala Besar	-	99.46	733.14
	Pembinaan Hidro (Hidro Besar dan Kecil)	9,316.10	8,348.13	8,194.71
	Rancangan Tindakan Kecekapan Tenaga Kebangsaan (NEEAP)	1,284.18	2,144.26	3,164.66
Pengangkutan	Pengangkutan Awam Berbasis Rel	179.32	200.26	269.61
	Kenderaan Efisien Tenaga	119.23	114.71	140.15
	Penggunaan Biodiesel	1,174.30	1,174.30	1,677.57
	Berasaskan Sawit			
	Penggunaan Gas Asli dalam Kenderaan	81.66	66.76	54.07
Minyak & Gas	Pengurangan Pembuangan dan Pembakaran	2,940.00	3,760.00	4,910.00
Sisa	Kitar Semula Kertas	3,937.76	4,398.87	4,746.94
	Pemuliharaan Biogas dari Efluen Kilang	3,115.12	3,367.78	3,749.19
Industri Proses dan penggunaan produk	Minyak Sawit Penggantian Bahan dalam Pengeluaran Simen	1,554.27	1,585.17	1,548.09

Pertanian	Program Pensijilan MyOrganic	7.68	7.76	7.80
Perubahan guna tanah dan perhutanan	Pengurangan Pembalakan, Pengurusan Hutan Lestari	46,292.97	44,187.32	17,637.78
Jumlah (tanpa perubahan guna tanah dan perhutanan)		24,450.33	26,327.76	30,402.76
Jumlah (dengan tanpa perubahan guna tanah dan perhutanan)		70,743.30	70,515.08	48,040.54

**Nota:** Pengurangan pelepasan daripada tindakan mitigasi seperti tenaga boleh diperbaharui dan kecekapan tenaga dihitung berdasarkan penjimatan pelepasan hasil penggunaan elektrik grid yang lebih rendah. Faktor pelepasan elektrik grid yang digunakan adalah berbeza bagi Semenanjung Malaysia, Sabah, dan Sarawak untuk setiap tahun.

*Sumber :* Laporan Kemas Kini Dwitahunan Keempat Malaysia yang diserahkan kepada Konvensyen Kerangka Bangsa-Bangsa Bersatu mengenai Perubahan Iklim pada Disember 2022 (Kementerian Sumber Asli, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim, 2022).

Jadual 4 merangkumkan inisiatif-inisiatif utama berkaitan Dasar Perubahan Iklim di Malaysia, termasuk fokus utama, penghasilan tenaga boleh diperbaharui dan pengurangan pelepasan gas rumah hijau (GRK) daripada tahun 2017 hingga tahun 2019 dalam unit gigagram (Gg) CO<sub>2</sub> ekuivalen. Analisis jadual menunjukkan beberapa aspek penting usaha Malaysia menghadapi perubahan iklim melalui pelbagai inisiatif meliputi tenaga boleh diperbaharui, kecekapan tenaga, pengangkutan awam, dan pengurusan hutan lestari.

#### Jadual 4.

*Inisiatif-inisiatif dalam pengurangan pelepasan gas rumah hijau*

Inisiatif	Deskripsi / Fokus	Pengurangan Pelepasan 2017 (Gg CO <sub>2</sub> eq.)	Pengurangan Pelepasan 2018 (Gg CO <sub>2</sub> eq.)	Pengurangan Pelepasan 2019 (Gg CO <sub>2</sub> eq.)
Tenaga Boleh Diperbaharui	<i>Feed-in Tariff</i> (FiT), Lesen <i>Renewable energy</i> (RE), kuasa hidro, , <i>Net-Energy</i>	10,056.81	9,507.89	10,134.67

	<i>Metering (NEM) mechanism and Large-Scale Solar (LSS).</i>			
Rancangan Tindakan Kecekapan Tenaga Nasional (NEEAP)	Sektor kediaman, komersial, dan industri	1,284.18	2,144.26	3,164.66
Pengangkutan Awam Berbasis Rel	-Dasar Pengangkutan Nasional 2019-2030 -Perluasan liputan Mass Rapid Transit (MRT), <i>Light Rail Transit (LRT)</i> , Monorail, <i>Express Rail Link (ERL)</i> .	179.32	200.26	269.61
Dasar Automotif Nasional 2014 (NAP2014)	Menjadikan Malaysia hub Kenderaan Efisien Tenaga ( <i>Energy Efficient Vehicles-EEVs</i> ).	119.23	114.71	140.15
Biodiesel Berasaskan Minyak Sawit	Program B5, B7, dan B10	4,026.17 (2017-2019)	-	-
Kenderaan Gas Asli (Natural Gas Vehicles-NGVs)	( <i>Natural Gas Vehicles-NGVs</i> ):	81.66	66.76	54.07
Operasi Minyak dan Gas	Inisiatif PETRONAS	2,940.00	3,760.00	4,910.00
Kitar Semula Kertas Sisa	Kitar Semula Kertas	3,937.76	4,398.87	4,746.94
Pemulihan Biogas dari Efluen Kilang Minyak Sawit (POME)	Pemulihan Biogas dari POME	3,115.12	3,367.78	3,749.19
Penggantian Bahan dalam	Penggantian Bahan dalam Pengeluaran Simen	1,554.27	1,585.17	1,548.09

Pengeluaran				
Simen				
Program Pensijilan MyOrganic	Program Pensijilan MyOrganic	7.68	7.76	7.80
Pengurusan Hutan Lestari	Pengurangan Pembalakan, Pengurusan Hutan Lestari	46,292.97	44,187.32	17,637.78

Inisiatif dalam sektor tenaga boleh diperbaharui menunjukkan peningkatan berterusan dalam penghasilan tenaga dan pengurangan pelepasan GRK dari tahun 2017 hingga tahun 2019 (Jadual 4). Sumbangan utama datang daripada penjanaan kuasa hidro, menandakan potensi signifikan sumber tenaga boleh diperbaharui di Malaysia. Kejayaan Rancangan Tindakan Kecekapan Tenaga Nasional (NEEAP) meningkatkan pengurangan pelepasan GRK melalui NEEAP dari tahun ke tahun, menunjukkan keberkesanan langkah meningkatkan kecekapan tenaga dalam sektor kediaman, komersial, dan industri (Kementerian Sumber Alam, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim, 2022). Pelan Pengangkutan Nasional 2019-2030 dan perluasan liputan pengangkutan awam menunjukkan komitmen mengurangkan pelepasan melalui peningkatan penggunaan pengangkutan awam, dengan pengurangan pelepasan meningkat dari tahun ke tahun. Dasar Automotif Nasional 2014 (NAP2014) untuk menjadikan Malaysia hab Kenderaan Efisien Tenaga (EEVs) membawa kepada pengurangan pelepasan konsisten, menunjukkan potensi EEVs mengurangi pelepasan GRK. Penggunaan biodiesel berasaskan minyak sawit dan kenderaan gas asli (NGVs) memberikan sumbangan penting dalam pengurangan pelepasan, walaupun terdapat penurunan dalam pengurangan pelepasan untuk NGVs dari tahun 2017 hingga tahun 2019, menunjukkan keperluan strategi peningkatan dalam sektor ini (Jadual 4).

Pengurangan pelepasan dalam operasi minyak dan gas daripada inisiatif PETRONAS menunjukkan peningkatan signifikan, menekankan peranan penting sektor ini dalam usaha mitigasi perubahan iklim di Malaysia. Sumbangan industri dan pertanian melalui inisiatif seperti kitar semula kertas sisa (Kementerian Sumber Alam, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim, 2022), pemulihan biogas dari POME, penggantian bahan dalam pengeluaran simen, dan program pensijilan MyOrganic menunjukkan usaha berterusan mengurangkan pelepasan GRK, dengan industri proses dan penggunaan produk, serta pertanian, memainkan peranan. Pengurangan pelepasan besar melalui pengurusan hutan lestari pada 2017 menunjukkan kepentingan pengurusan dan pemeliharaan hutan dalam usaha mitigasi (Kementerian Sumber Alam, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim, 2022). Namun, terdapat penurunan ketara dalam pengurangan pelepasan pada tahun 2019, menekankan keperluan strategi



pengurusan hutan lebih berkesan. Malaysia membuat kemajuan signifikan dalam usaha mitigasi perubahan iklim melalui pelbagai inisiatif. Namun, terdapat ruang untuk peningkatan, terutamanya dalam pengurusan hutan lestari dan strategi pengurangan pelepasan untuk NGVs. Kejayaan dalam meningkatkan kecekapan tenaga, penggunaan tenaga boleh diperbaharui, serta pengangkutan awam menunjukkan potensi besar untuk Malaysia mengurangkan kesan perubahan iklim.

Malaysia telah mencapai kemajuan yang memberangsangkan dalam usaha menangani cabaran perubahan iklim melalui pelaksanaan pelbagai inisiatif di bawah Dasar Perubahan Iklim Negara. Jadual 3 menunjukkan peningkatan berterusan dalam penghasilan tenaga boleh diperbaharui, terutamanya daripada sumber tenaga hidro, mencerminkan potensi yang signifikan dalam memanfaatkan sumber tenaga hijau di negara ini. Selain itu, Rancangan Tindakan Kecekapan Tenaga Nasional (NEEAP) terbukti berjaya dalam meningkatkan kecekapan tenaga dan seterusnya mengurangkan pelepasan gas rumah hijau (GRK) dalam sektor kediaman, komersial dan industri. Usaha mempromosikan pengangkutan awam melalui Pelan Pengangkutan Nasional 2019-2030 dan perluasan liputan sistem pengangkutan seperti MRT, LRT, Monorail dan ERL turut menyumbang kepada pengurangan pelepasan GRK yang ketara.

Kejayaan Dasar Automotif Nasional 2014 dalam menjadikan Malaysia sebagai hab Kenderaan Efisien Tenaga (EEVs) juga membuktikan bahawa penggunaan teknologi kenderaan hijau boleh mengurangkan pelepasan karbon dengan berkesan. Namun, terdapat beberapa cabaran yang perlu ditangani bagi memastikan usaha mitigasi perubahan iklim dapat diteruskan dengan lebih efektif. Antaranya ialah keperluan untuk meningkatkan strategi pengurangan pelepasan GRK dalam sektor kenderaan gas asli (NGVs) dan juga memperkukuhkan pengurusan hutan lestari. Walaupun pengurusan hutan lestari telah menyumbang kepada pengurangan pelepasan yang besar pada tahun 2017, namun terdapat penurunan ketara pada tahun 2019, menunjukkan keperluan untuk pendekatan yang lebih proaktif dan bersepadu dalam memelihara hutan sebagai penanaman karbon semula jadi. Di samping itu, sumbangan positif daripada sektor industri dan pertanian melalui inisiatif seperti kitar semula kertas sisa, pemuliharaan biogas dari POME, penggantian bahan dalam pengeluaran simen, dan program pensijilan MyOrganic menunjukkan komitmen berterusan dalam mengamalkan amalan hijau. Namun, masih terdapat ruang untuk peningkatan lanjut dalam aspek ini.

## 5. Kesimpulan

Kesimpulannya, Malaysia telah mengambil langkah-langkah yang tepat melalui pelaksanaan pelbagai inisiatif dalam Dasar Perubahan Iklim Negara. Kejayaan dalam meningkatkan kecekapan tenaga, penggunaan tenaga boleh diperbaharui serta pengangkutan awam menunjukkan potensi yang besar untuk negara mengurangkan kesan perubahan iklim secara berterusan. Walau bagaimanapun, cabaran utama terletak pada pengurusan hutan lestari dan penggunaan teknologi rendah karbon dalam sektor pengangkutan. Oleh itu, pendekatan yang lebih bersepadu dan berterusan diperlukan untuk mengatasi cabaran tersebut agar Malaysia dapat mencapai matlamat pengurangan pelepasan gas rumah hijau secara lebih efektif pada masa akan datang.

## 6. Penghargaan

Penulis merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Kementerian Sumber Asli, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim (NRECC) atas usaha menyediakan data dan maklumat penting berkaitan Dasar Perubahan Iklim negara yang boleh diakses secara percuma. Maklumat ini telah menyumbang secara signifikan kepada penyediaan artikel ini.

**Konflik Kepentingan:** Tiada konflik kepentingan dalam kajian ini

## 7. RUJUKAN

- Alemu, B. (2014). The role of forest and soil carbon sequestrations on climate change mitigation. *Res J Agr Environ Manage*, 3(10), 492-505.
- Baharudin, R. A., Ali, N. I. M., & Idros, A. R. (2023). Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Komuniti Orang Asal di Malaysia: Tinjauan Literatur. *e-BANGI*, 20(2), 266-280
- Dasar Perubahan Iklim Negara Malaysia 2010 diakses pada 10 November 2023 di: <https://www.malaysia.gov.my/portal/content/30921?language=my>
- Duguma, L. A., Minang, P. A., & van Noordwijk, M. (2014). Climate change mitigation and adaptation in the land use sector: from complementarity to synergy. *Environmental management*, 54, 420-432.
- Fearnside, P. M. (2019). *Greenhouse gas emissions from land-use change in Brazil's Amazon region*. In *Global climate change and tropical ecosystems* (pp. 231-249). CRC Press.

- Houghton, R. A., House, J. I., Pongratz, J., Van Der Werf, G. R., Defries, R. S., Hansen, M. C., & Ramankutty, N. (2012). Carbon emissions from land use and land-cover change. *Biogeosciences*, 9(12), 5125-5142.
- Greene, L. A. (2000). EHPnet: United Nations Framework Convention on Climate Change.
- Kementerian Sumber Alam, Alam Sekitar dan Perubahan Iklim, 2022: [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/MY%20BUR4\\_2022.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/MY%20BUR4_2022.pdf)
- Kemarau, R. A., Ebo, O. V., & Zaini Sakawi, S. A. (2023). Impact Deforestation on Land Surface Temperature: A Case Study Highland Kundasang, Sabah. *Geoplanning: Journal of Geomatics and Planning*, 10(1).
- Kemarau, R. A., & Ebo, O. V. (2021). Spatial-Temporal Distribution of Malaria Risk and Its Association With El Niño Southern Oscillation (ENSO). *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 6(4), 276-286.
- Kemarau, R. A., & Ebo, O. V. (2021). Land Cover Change Detection in Kuching, Malaysia Using Satellite Imagery. *Borneo Journal of Sciences & Technology*, 3(1), 61-65.
- Lamb, W. F., Grubb, M., Diluio, F., & Minx, J. C. (2022). Countries with sustained greenhouse gas emissions reductions: an analysis of trends and progress by sector. *Climate Policy*, 22(1), 1-17.
- Li, Z., Wu, Y., Rasoulinezhad, E., Sheng, Y., & Bi, C. (2023). Green economic recovery in central Asia by utilizing natural resources. *Resources Policy*, 83, 103621
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., & Shukla, P. R. (2022). *Global Warming of 1.5 C: IPCC special report on impacts of global warming of 1.5 C above pre-industrial levels in context of strengthening response to climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*. Cambridge University Press.
- Mayowa, O. O., Pour, S. H., Shahid, S., Mohsenipour, M., Harun, S. B., Heryansyah, A., & Ismail, T. (2015). Trends in rainfall and rainfall-related extremes in the east coast of peninsular Malaysia. *Journal of Earth System Science*, 124, 1609-1622.
- Protocol, Kyoto. (1997). Kyoto protocol. *UNFCCC Website*. Available online: [http://unfccc.int/kyoto\\_protocol/items/2830.php](http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php) (accessed on 1 January 2011).
- Rissman, J., Bataille, C., Masanet, E., Aden, N., Morrow III, W. R., Zhou, N., & Helseth, J. (2020). Technologies and policies to decarbonize global industry: Review and assessment of mitigation drivers through 2070. *Applied energy*, 266, 114848.
- Richardson, M. T. (2022). Prospects for detecting accelerated global warming. *Geophysical Research Letters*, 49(2), e2021GL095782.
- Saad, S., Kamarudin, T. F. T., & Awang, A. H. (2018). Pengetahuan dan sokongan belia terhadap dasar kerajaan mengenai perubahan iklim (Youth knowledge and support for government policy towards climate change). *Geografia*, 14(1).

- Schleussner, C. F., Rogelj, J., Schaeffer, M., Lissner, T., Licker, R., Fischer, E. M., & Hare, W. (2016). Science and policy characteristics of the Paris Agreement temperature goal. *Nature Climate Change*, 6(9), 827-835.
- Solaymani, S. (2019). CO2 emissions patterns in 7 top carbon emitter economies: The case of transport sector. *Energy*, 168, 989-1001.
- Thyberg, K. L., & Tonjes, D. J. (2016). Drivers of food waste and their implications for sustainable policy development. *Resources, Conservation and Recycling*, 106, 110-123.
- Weitzel, M., Vandyck, T., Los Santos, L. R., Tamba, M., Temursho, U., & Wojtowicz, K. (2023). A comprehensive socio-economic assessment of EU climate policy pathways. *Ecological Economics*, 204, 107660.
- World Bank Group, Asian Development Bank. *Climate Risk Country Profile: Malaysia, 2021*. <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/723571/climate-risk-country-profile-malaysia.pdf> 72
- World Bank Group Climate Change Knowledge Portal. *Malaysia: Key Vulnerabilities. 2021*. <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/malaysia/vulnerability#:~:text=1%20Over%20the%20past%20decade%20Malaysia%20has%20faced,erosion%20and%20saline%20intrusion%20are%20growing%20in%20threat>.
- Valin, H., Havlík, P., Mosnier, A., Herrero, M., Schmid, E., & Obersteiner, M. (2013). Agricultural productivity and greenhouse gas emissions: trade-offs or synergies between mitigation and food security?. *Environmental Research Letters*, 8(3), 035019.
- Zurairi, A. R. (2018). Climate-related natural disasters cost Malaysia RM8b in the last 20 years. *Malay Mail*.