

# Perubahan Iklim: Tinjauan Holistik Sektor Batubara

Mingshen \*

\* Penulis korespondensi. Jurusan Ilmu Ekonomi, Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia.

Yohanes Mikha Boediarto.

Jurusan Ilmu Ekonomi, Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia.

Samsony Petrus Sinaga.

Jurusan Ilmu Ekonomi, Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia.

---

## Abstract

**JEL Classification Code:**  
P28, Q54, L94

**Kata kunci:** Batubara,  
Perubahan Iklim, Mitigasi, EBT

**Email penulis:**  
[ming.shen@unpar.ac.id](mailto:ming.shen@unpar.ac.id)\*,  
[6021801025@student.unpar.ac.id](mailto:6021801025@student.unpar.ac.id)  
[6021801051@student.unpar.ac.id](mailto:6021801051@student.unpar.ac.id)

The use of coal has increased due to the increasing use of electricity for human activities. On the other hand, action is needed to prevent the adverse effects of coal, namely greenhouse gas (GHG) emissions which result in increasingly warmer temperatures and cause climate change. This study aims to describe the advantages and disadvantages of using coal as the main energy resource. Because coal isn't environmental-friendly, actions that can be taken to prevent climate change or reduce GHG emissions are to mitigate the energy sector by using new, renewable energy. Meanwhile, using new renewable energy sources is still accompanied by several challenges, so coal cannot replace the efficiency and effectiveness of coal as an energy resource. In the end, the transition from fossil energy to environmentally friendly energy is a long process achieved through the right direction of development plans and support from all parties.

## Abstrak

Penggunaan batu bara semakin meningkat karena meningkatnya penggunaan listrik untuk aktivitas manusia. Di sisi lain, perlu adanya tindakan untuk mencegah dampak buruk dari batu bara, yaitu emisi gas rumah kaca (GRK) yang mengakibatkan suhu semakin panas dan dapat menyebabkan perubahan iklim. Studi ini bertujuan memberi gambaran keuntungan dan kerugian penggunaan batubara sebagai sumber energi utama di Indonesia. Karena batubara tidak ramah lingkungan, tindakan yang dapat dilakukan untuk mencegah perubahan iklim dan mengurangi emisi GRK adalah mitigasi sektor energi dengan menggunakan energi baru terbarukan. Tetapi pemanfaatan sumber energi baru terbarukan masih dibarengi dengan beberapa tantangan, sehingga batubara tidak dapat menggantikan efisiensi dan efektivitas batubara sebagai sumber energi. Pada akhirnya, peralihan dari energi fosil ke energi ramah lingkungan merupakan proses panjang yang dicapai melalui arah rencana pembangunan yang tepat dan dukungan semua pihak.

---

## Pendahuluan

Dalam waktu yang relatif singkat, ratusan juta orang di seluruh dunia telah menyadari pemanasan global sebagai ancaman yang berpotensi menimbulkan bencana (McGinley, 2011). Gangguan iklim global karena aktivitas manusia telah muncul selama beberapa dekade terakhir sebagai masalah utama yang memprihatinkan dan hampir seluruh aktivitas manusia didukung oleh

energi (Sagar, Oliver, & Chikkatur, 2006). Menurut Akpan & Akpan (2012), energi merupakan mesin penggerak utama dalam membangun ekonomi dan akan selalu seperti itu. Seperti dikutip dari Chris *et al* (2010), terlepas dari situasi ekonomi jangka pendek, tingkat pertumbuhan jangka panjang permintaan energi global diperkirakan akan terus berlanjut, dengan dominasi bahan bakar fosil dalam pasokan energi selama beberapa dekade mendatang. Menurut Metcalfe (2019) ada tiga sumber bahan bakar fosil yaitu batubara, minyak bumi, dan gas alam. Menurut Metcalfe (2019), ketiga sumber tersebut memiliki kelebihan masing - masing. Harga batubara relatif lebih murah dan kuantitasnya berlimpah, minyak bumi lebih sulit ditemukan tetapi pembakarannya lebih bersih, sedangkan gas alam relatif lebih murah dan pembakarannya lebih bersih dibandingkan batubara dan minyak bumi. Menurut IEA sebagaimana mengutip dari Chris *et al* (2011) menyatakan bahwa permintaan energi global akan meningkat 45% dari tahun 2006 - 2030 dengan kontribusi *fossil fuel* tetap sebesar 80%. Efek konsumsi energi dievaluasi menjadi efek gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan dari emisi polutan lingkungan seperti karbon monoksida, senyawa hidrokarbon, sulfur oksida, nitrogen oksida, metana dan partikulat (Akpan & Akpan, 2012). Menurut Chris *et al* (2011), peningkatan energi global tahun 2006 - 2030 akan menyebabkan peningkatan emisi gas rumah kaca (GKR) sebesar 35% atau setara dengan perubahan dari 44 menjadi 60 Giga ton CO<sup>2</sup> dan hal ini dapat menjadi penyebab perubahan iklim yang signifikan.

Menurut Rokhim, Adawiyah, & Nasution (2018), permintaan batubara Indonesia diperkirakan meningkat sebesar 4,8% karena peningkatan penggunaan listrik yang diperkirakan meningkat dari 76 juta ton pada tahun 2015 menjadi 151 juta ton pada tahun 2022. Hal ini terjadi karena pemerintah Indonesia berfokus pada pencapaian ketahanan energi dengan batubara sebagai salah satu energi utama yang dapat digunakan untuk mengurangi ketergantungan pada produksi minyak bumi (Rokhim, Adawiyah, & Nasution, 2018). Hal ini diperkuat dengan mengutip *Greenpeace* (2015) mengenai rencana energi baru Presiden Jokowi yang diumumkan pertengahan 2014, menyatakan akan menggandakan jumlah pembangkit listrik tenaga batu bara di Indonesia. Indonesia merupakan negara pengekspor batubara terbesar di dunia karena hanya 10% dari total produksi yang dikonsumsi (Rokhim, Adawiyah, & Nasution, 2018). Berbagai negara di Eropa mulai mengurangi produksi batubara sedangkan di Asia mengalami hal sebaliknya (McGinley, 2011). Menurut Rokhim, Adawiyah, & Nasution (2018), terlepas dari berlimpahnya cadangan dan rendahnya ongkos produksi, batubara merupakan sumber energi paling kotor yang menyumbang emisi CO<sup>2</sup> terbesar, oleh karena itu negara berkembang seperti Kanada, Austria, dan Inggris mengurangi produksi dan beralih ke *renewable energy*.

Indonesia perlu mengatasi ketergantungan pada *fossil fuel* dan emisi GRK dari sektor energi harus dikelola karena sektor ini sangat penting bagi perkembangan perekonomian Indonesia, baik untuk menghasilkan pendapatan ekspor / devisa maupun untuk memenuhi kebutuhan energi dalam negeri (Bappenas, 2009). Selain itu, menurut Rokhim, Adawiyah, & Nasution (2018), berdasarkan kalkulasi *economic value added* (EVA), ternyata batubara tidak memberikan nilai tambah dalam ekonomi dan manfaat ekonomi yang dihasilkan hanya pada jangka pendek. Pada satu sisi, menurut Bappenas dalam ICCSR (2009), energi termasuk kedalam tindakan mitigasi perubahan iklim yaitu upaya untuk menurunkan atau mengurangi peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) yang dilepaskan ke atmosfer untuk menanggulangi dampak perubahan iklim. Dalam rangka mitigasi perubahan iklim, pemerintah Indonesia perlu mengatasi ketergantungannya pada bahan bakar berbasis fosil. Menurut Rokhim, Adawiyah, & Nasution (2018), pemerintah perlu menetapkan kuota produksi batubara dan beralih ke *renewable energy*.

Sesuai dengan pemaparan di atas, pemerintah dan berbagai pihak lain dalam industri batubara perlu memperhatikan dampak batubara terhadap lingkungan. Studi ini bertujuan memberikan gambaran keuntungan dan kerugian penggunaan batubara sebagai sumber energi utama di Indonesia. Perubahan iklim dapat menjadi risiko sistemik dan tidak sebanding dengan nilai tambah serta manfaat ekonomi batubara. Berbagai pihak harus sadar akan pentingnya iklim yang baik untuk hidup agar perubahan iklim karena batubara dapat dicegah. Pada penulisan dibawah ini akan terdiri dari isi dan kesimpulan. Bagian isi akan membahas mengenai perubahan iklim, energi batubara sebagai mitigasi perubahan iklim, energi batubara di Indonesia dan energi baru terbarukan sebagai solusi. Pada bagian kesimpulan kami menyajikan ringkasan dari kajian pustaka serta rekomendasi

langkah yang perlu dilakukan pemerintah dan berbagai pihak untuk upaya mitigasi perubahan iklim dilihat dari batubara.

## Landasan Teori dan Tinjauan Literatur

### Perubahan Iklim

Menurut UNFCCC (1992), perubahan iklim didefinisikan sebagai iklim yang berubah karena aktivitas manusia secara langsung atau tidak langsung dan mengubah komposisi atmosfer global dan sebagai tambahan terhadap variabilitas iklim alami yang diamati selama periode waktu yang sebanding. Menurut Bappenas (2014), perubahan iklim merupakan perubahan signifikan pada iklim yang berlangsung selama minimal 30 tahun atau lebih lama. Masalah utama perubahan iklim adalah peningkatan suhu permukaan yang disebabkan oleh *anthropogenic*, yang didorong melalui peningkatan CO<sup>2</sup> dan emisi GRK (Bappenas, 2009). *Anthropogenic* merupakan pencemaran yang terjadi karena aktivitas manusia (Fahmuddin, 2019). Menurut Ivanova (2020), tidak semua sumber polusi terjadi karena antropogenik, bisa juga terjadi karena peristiwa alam seperti erupsi gunung berapi dan badai pasir. Tetapi menurut Moomaw *et al* (2012), emisi GRK karena penyediaan energi merupakan penyebab utama perubahan iklim.

Menurut Elias (2018), perubahan iklim dapat terjadi karena adanya emisi GRK yang tinggi dan populasi manusia yang meningkat. Sebagai contoh, ketika terjadi peningkatan populasi otomatis akan menyebabkan emisi GRK meningkat karena penggunaan energi meningkat dan pada titik tertentu dapat menjadi penyebab signifikan perubahan iklim. Beecher dan Kalmbach (2012) membahas hubungan perubahan iklim terhadap *energy supply* dan *demand*. Perubahan iklim dapat meningkatkan *demand of energy* sehingga konsumsi energi meningkat, contohnya adalah peningkatan penggunaan listrik karena penggunaan pendingin udara meningkat ketika cuaca sedang panas. Faktor dominan penentu *supply of energy* adalah tren populasi, bukan ketidakpastian iklim dan harga energi. Menurut Beecher dan Kalmbach (2012), kebijakan perubahan iklim memberi pengaruh signifikan terhadap portofolio pasokan energi dan infrastruktur pengirimannya. Artinya kebijakan untuk adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dapat menjadi jalan yang tepat untuk mengatasi perubahan iklim.

Dampak dari perubahan iklim sangat beragam. Tabel 1 akan memperlihatkan dampak dari terjadinya perubahan iklim menurut Bappenas (2014) melalui Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim. Menurut Bappenas (2012), perubahan iklim juga bisa berdampak pada ketahanan pangan, ketersediaan air, ekosistem, kesehatan manusia, dan pemukiman pesisir.

**Tabel 1.** Dampak Perubahan Iklim

Indikator Dampak Perubahan Iklim		
Temperatur Permukaan	Curah Hujan	Temperatur Permukaan Laut
Kejadian Ekstrim (ENSO, IOD, & PIO)	Kejadian Cuaca Ekstrim	Tinggi Muka Laut

Sumber : RAN-API 2014 (diolah penulis)

Menurut Bappenas (2013), dampak dari perubahan iklim tidak secara langsung terhadap suatu sektor, perubahan iklim mempengaruhi indikator perubahan iklim seperti pada tabel 1. Potensi dampak perubahan iklim dapat berdampak kepada bidang yang berkaitan dengan sistem pembangunan nasional seperti ekonomi, tatanan kehidupan, ekosistem, dan kewilayahan khusus. Indonesia sebagai salah satu yang rentan terhadap perubahan iklim perlu menjadi pihak terdepan untuk mendorong upaya kolektif perubahan iklim. Oleh karena itu, menurut Bappenas (2009), Indonesia menyadari bahwa aksi mitigasi dan adaptasi harus dilakukan bersama oleh semua negara.

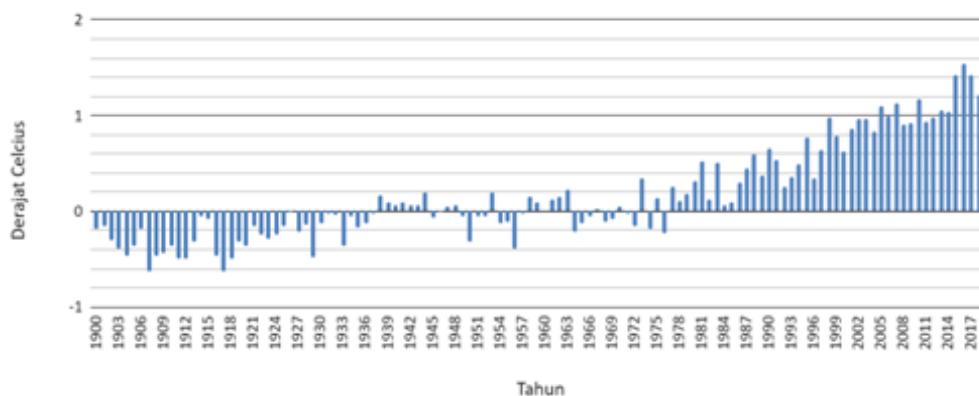
### Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim

Perubahan iklim dapat berdampak pada perubahan temperatur permukaan darat dan laut. Prediksi IPCC sebagaimana dikutip dari Santoso (2015) menyatakan bahwa kemungkinan temperatur akan naik 2,5 sampai 10,4 derajat celcius sampai seratus tahun mendatang. Rata – rata kenaikan temperatur permukaan bumi seratus tahun belakang ini adalah 0.3 – 0.6 derajat celcius, dan diprediksi meningkat sebesar 1.4 – 5.8 derajat celcius dalam kurun waktu 1990 – 2100 (Santoso, 2015). Perubahan suhu daratan dunia dapat dilihat pada grafik 1. Grafik tersebut menggambarkan perubahan suhu dari tahun 1900 sampai tahun 2019. Berdasarkan data yang diperoleh, terjadi kenaikan perubahan suhu daratan sejak tahun 1977 sampai 2019 yang menandakan bahwa suhu daratan semakin menghangat dari tahun ke tahun.

Peningkatan konsentrasi (GRK) adalah konsekuensi langsung dari aktivitas manusia (bersifat antropogenik). GRK yang terakumulasi di atmosfer menghasilkan pemanasan global dicerminkan dari “efek rumah kaca”. Secara spesifik produksi dan konsumsi energi memiliki berbagai implikasi lingkungan, salah satunya adalah perubahan iklim (Akpan & Akpan, 2012).

*United Nations Framework Convention On Climate Change* (UNFCCC) menghasilkan beberapa keputusan tentang pengurangan emisi karbon sebagai bagian dari upaya adaptasi dan mitigasi terhadap perubahan iklim (Santoso, 2015). Berdasarkan UNFCCC, berbagai negara di dunia berkomitmen untuk mengadopsi kebijakan nasional dan melangkah untuk mitigasi perubahan iklim. Tindakan tersebut dilakukan dengan pembatasan emisi antropogenik gas rumah kaca dan melindungi serta meningkatkan penyerapan dan reservoir gas rumah kaca. Berdasarkan dokumen tersebut, berbagai negara di dunia juga perlu menanamkan prinsip mencegah atau meminimalkan penyebab perubahan iklim dan melakukan langkah mitigasi dari *adverse effect* yang dapat terjadi. Berdasarkan UNFCCC, berbagai negara juga berkomitmen untuk bekerjasama dalam mempersiapkan adaptasi terhadap dampak perubahan iklim.

**Grafik 1.** Perubahan Suhu Darat Dunia



Source: National Centers for Environmental Information (diolah penulis)

Bappenas (2009) membagi dua tindakan yang dapat dilakukan terhadap perubahan iklim, pertama adalah adaptasi dan kedua adalah mitigasi. Adaptasi perubahan iklim dilakukan dengan menyesuaikan diri terhadap perubahan iklim (Murniningtyas, 2011) (KLHK, 2018). Sedangkan tindakan mitigasi merupakan tindakan untuk mencegah perubahan iklim (KLHK, 2018) atau mengurangi peningkatan emisi GRK (Murniningtyas, 2011). Menurut UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, adaptasi perubahan iklim diartikan sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan dalam menyesuaikan diri terhadap perubahan iklim, termasuk keragaman iklim dan kejadian iklim ekstrim sehingga potensi kerusakan akibat perubahan iklim berkurang, peluang yang ditimbulkan oleh perubahan iklim dapat dimanfaatkan, dan konsekuensi yang timbul akibat perubahan iklim dapat diatasi. Sedangkan mitigasi perubahan iklim diartikan sebagai serangkaian kegiatan yang dilakukan dalam upaya menurunkan tingkat emisi

gas rumah kaca sebagai bentuk upaya penanggulangan dampak perubahan iklim. Bappenas (2009) membagi tugas mitigasi dan adaptasi kepada beberapa sektor yang dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Sektor yang Bertugas Mitigasi dan Adaptasi

	Mitigasi	Adaptasi
Sektor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energi</li> <li>• Kehutanan</li> <li>• Industri</li> <li>• Transportasi</li> <li>• <i>Waste management</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pertanian</li> <li>• Kelautan dan perikanan</li> <li>• <i>Water resource</i></li> <li>• Kesehatan</li> </ul>

Sumber : ICCSR 2010 (diolah penulis)

Tindakan mitigasi dan adaptasi memiliki perbedaan dalam penerapannya. Gambar 1 akan menyajikan alur bagaimana sampai strategi adaptasi bisa diimplementasikan, sedangkan gambar 2 akan menyajikan bagian strategi mitigasi.

**Gambar 1.** Alur Penerapan Strategi Adaptasi



Sumber : ICCSR 2010 (diolah penulis)

**Gambar 2.** Alur Penerapan Strategi Mitigasi



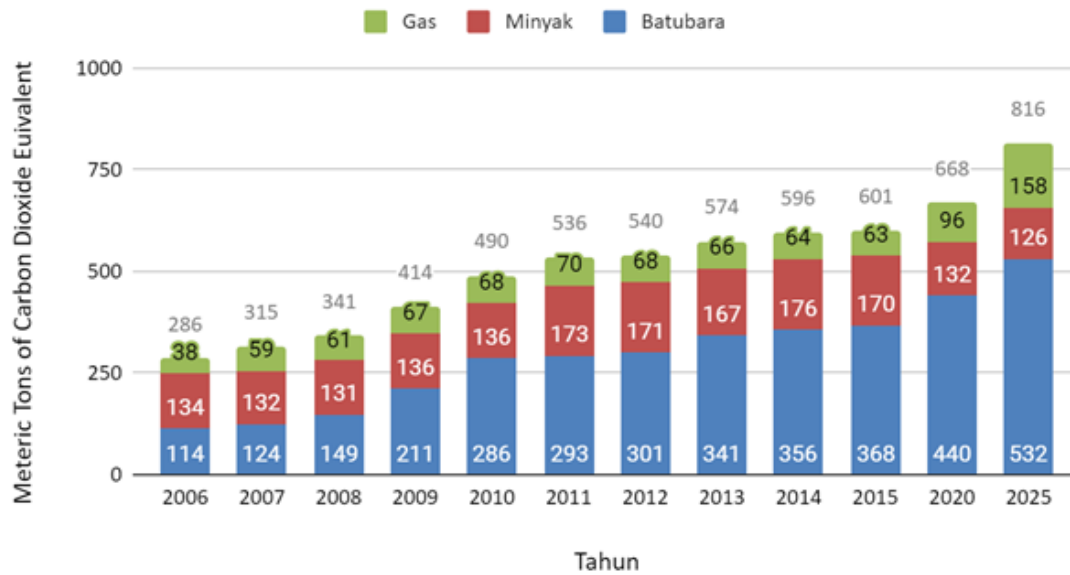
Sumber : ICCSR 2010 (diolah penulis)

Tahap pertama yaitu merumuskan strategi adaptasi perubahan iklim dengan mengidentifikasi bahaya iklim, tahap ini dilakukan dengan menerapkan kerangka penilaian risiko. Tahap pertama juga menggunakan proyeksi terhadap perubahan iklim. Tahap kedua membahas mengenai dampak perubahan iklim terhadap semua sektor dan dianalisis. Tahap ketiga merupakan tahapan untuk merumuskan strategi adaptasi berdasarkan potensi dampak. Sedangkan tahap pertama dari mitigasi perubahan iklim dilakukan dengan mengkaji tingkat emisi. Tahap kedua dilakukan dengan melakukan skenario penurunan emisi masing - masing sektor yang terkait dengan mitigasi (*energi, transportasi, industri, kehutanan, dan waste management*). Pada tahap ketiga baru dilakukan penerapan strategi mitigasi perubahan iklim.

Energi merupakan salah satu sektor yang dapat memitigasi perubahan iklim, artinya sektor energi dapat mengurangi atau mencegah perubahan iklim. Grafik 2 menunjukkan emisi GRK dari *fossil fuels* yang dapat menyebabkan perubahan iklim. Grafik tersebut menjelaskan bahwa batubara adalah penyumbang emisi GRK terbesar, oleh sebab itu batubara perlu diawasi. Menurut Bappenas (2009), sektor kelistrikan akan menjadi konsumen utama batubara karena digunakan sebagai pembangkit listrik. Oleh karena itu, perlu dilakukan tindakan khusus seperti penggunaan *supercritical boiler* dan / atau *carbon capture and storage* tujuannya untuk mengurangi peningkatan emisi GRK pada yang dihasilkan. Oleh karena itu perlu ada tindakan mitigasi pada sektor energi agar emisi GRK

dapat dikurangi atau ditekan. Tabel 3 merangkum tindakan mitigasi melalui rencana pembangunan jangka panjang sektor energi.

**Grafik 2.** Estimasi Emisi GRK dari Bahan Bakar Fosil



Sumber : ICCSR (diolah penulis)

**Tabel 3.** Rencana Pembangunan Jangka Panjang Sektor Energi

Kategori	2010 - 2014	2015 - 2019	2020 - 2024
Manajemen Informasi dan Pengetahuan	Kemitraan Konservasi Energi melalui jasa audit energi untuk industri dan konstruksi	Perumusan informasi teknologi energi terbarukan	Penyusunan standar kompetensi Manajer Energi
	<i>Clearing House</i> sebagai pusat informasi konservasi energi	Sosialisasikan kebijakan <i>gas flaring</i> kepada pemangku kepentingan	Promosi dan persiapan prosedur pelabelan hemat energi untuk peralatan rumah tangga
	Meningkatkan kesadaran publik melalui metode yang berbeda		
Perencanaan dan Peraturan Kebijakan Pengembangan Kelembagaan	Pendidikan dan pelatihan tentang efisiensi dan konservasi energi		
	Menghasilkan Keputusan Menteri tentang pemanfaatan gas flaring dalam Kontrak Bagi Hasil		
	Menghasilkan Keputusan Menteri tentang pemanfaatan gas flaring sebagai bagian dari <i>Plan of Development</i> (POD) lapangan		
	Menghasilkan regulasi teknis tentang <i>gas flaring</i>		
	Cari pendanaan dan bantuan teknis untuk melaksanakan proyek pembakaran gas skala kecil		
Implementasi dan Kontrol dengan	Program elektrifikasi desa berbasis energi terbarukan	Pengembangan Desa Mandiri Energi berbasis BBN dan non BBN	Program fasilitasi pembangkit listrik berbasis energi terbarukan

<b>Monitoring dan Evaluasi</b>	Pengembangan biogas untuk keperluan rumah tangga	Pengembangan panas bumi	Pengembangan biomassa turbin untuk daerah pedesaan
	Mengganti bahan bakar fosil (BBM) dengan gas alam (BGG) atau energi nuklir (BBN)	Melaksanakan beberapa proyek pembakaran gas yang terdaftar	
	Mempercepat pembangunan infrastruktur gas alam		

Sumber : ICCSR (diolah penulis)

Hampir seluruh aktivitas manusia didukung oleh energi (Sagar, Oliver, & Chikkatur, 2006). Salah satu energi yang penggunaannya diperkirakan akan meningkat adalah *fossil fuel* (batubara, minyak bumi, dan gas alam) (Chris *et al*, 2011). Menurut *Research Team Harvard University* (2015) seluruh *life cycle* batubara menghasilkan polusi, mulai dari penambangan, transportasi, pemrosesan, dan sampai pada pembakaran untuk pembangkit listrik. Oleh karena itu, perlu mencermati lebih dalam mengenai sektor batubara termasuk dampak yang ditimbulkannya.

## Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif untuk menjawab tujuan penelitian. Data yang digunakan adalah data sekunder bersumber dari kementerian/lembaga di Indonesia. Metode deskriptif digunakan untuk memberi gambaran realita, fenomena, dan/atau karakteristik suatu hal, dalam hal ini batubara. Data yang dideskripsikan berfokus pada skala nasional (Indonesia). Pembahasan studi ini mencakup ancaman batubara dalam perubahan iklim, penggunaan EBT, dan peran batubara bagi perekonomian Indonesia.

## Hasil dan Pembahasan

### Ancaman Batubara dalam Perubahan Iklim

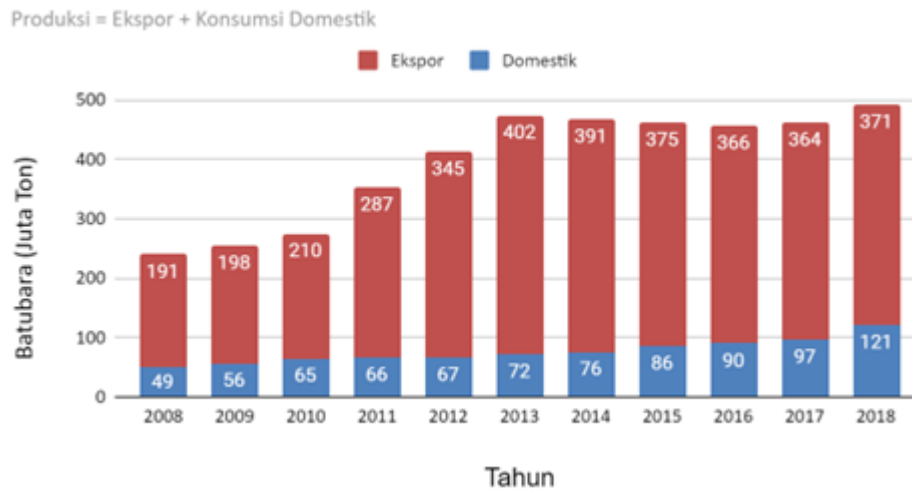
Menurut Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 batubara adalah bahan bakar fosil yang terbentuk secara alamiah dari sisa tumbuhan. Terdapat dua jenis batubara yaitu, *thermal coal* dan *coking coal / metallurgical coal*. Kedua jenis batubara tersebut memiliki perbedaan dalam hal kegunaan. *Thermal coal* atau *steam coal* digunakan sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik. *Coking coal* atau *metallurgical coal* atau biasa disebut kokas merupakan batubara yang digunakan sebagai bahan baku proses peleburan besi dan baja. Sejak sekitar tahun 1970, batubara sudah menjadi pusat dari kebijakan energi di Indonesia. Cadangan batubara yang dimiliki oleh Indonesia sebesar 22,6 miliar ton atau 2,2% dari total cadangan global. Pemerintah menetapkan kebijakan untuk meningkatkan penggunaan batubara menjadi sumber tenaga listrik karena melimpahnya cadangan yang dimiliki oleh Indonesia (Arinaldo & Adiatama, 2019).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.75 Tahun 2011 Tentang Ketentuan - Ketentuan Pokok Pertambangan, perizinan mengenai batubara dipindahkan dari pemerintah pusat ke pemerintah daerah masing-masing. Hal ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan energi dalam negeri. Implikasi dari kebijakan tersebut terlihat dengan kenaikan jumlah produksi batubara di Indonesia. Pada 2001 pemerintah pusat mengeluarkan kebijakan izin tambang hanya sebanyak 750 dan pada akhir 2008 setelah regulasi berubah, izin untuk bertambang bertambah menjadi 8000 (Arinaldo & Adiatama, 2019). Dengan banyak surat izin pertambangan yang dikeluarkan negara maka meningkatkan produksi dan ekspor batubara Indonesia. Hal tersebut terbukti dengan melihat grafik 3 mengenai produksi batubara Indonesia tahun 2008 sampai 2018.

Semenjak diberlakukan kebijakan terhadap sektor pertambangan, terjadi lonjakan produksi khususnya batubara dari tahun 2008 hingga 2018. Total produksi batubara tertinggi berdasarkan grafik adalah tahun 2018 sejumlah 492 Juta Ton. Ekspor batubara tertinggi terjadi pada tahun 2013 sejumlah 402 Juta Ton. Sedangkan konsumsi domestik batubara tertinggi terjadi pada tahun 2018 sejumlah 212 Juta Ton. Pergerakan produksi batubara cukup *uptrend* karena meskipun mengalami

penurunan setelah peningkatan yang signifikan, produksi batubara mengalami peningkatan kembali.

**Grafik 3.** Produksi Batubara Indonesia



Sumber : Dirjen Minerba (diolah penulis)

Saat ini Indonesia merupakan penghasil emisi GRK terbesar kedua dari sektor energi (Fünfgeld, 2020). Dengan tingkat produksi batubara yang tinggi menyebabkan SDA Indonesia banyak dieksploitasi dan dari produksi yang tinggi maka akan menghasilkan sisa atau limbah produksi yang juga tinggi. Dengan demikian semakin banyak limbah yang ditinggalkan maka akan semakin tercemar lingkungan di sekitar daerah tersebut. Hal ini sesuai dengan hipotesis *Environmental Kuznets Curve* (EKC) di mana pertumbuhan ekonomi akan mendorong terjadinya kerusakan lingkungan hingga mencapai titik baliknya. Dalam proses pengolahan batubara, ada banyak zat-zat yang dilepaskan ke lingkungan sehingga dapat menyebabkan pencemaran bagi lingkungan seperti yang terjadi pada air dan udara (UNEP, 2017)

Permukaan batubara mengandung zat yang bernama pirit (besi sulfida), ketika berinteraksi dengan air dapat menghasilkan asam sulfat yang tinggi. Asam sulfat dengan tingkat keasaman yang tinggi dapat menjadi racun bagi makhluk hidup khususnya di air seperti ikan-ikan, tumbuhan, dan kekayaan air lainnya. Batubara juga memiliki kandungan zat lainnya seperti, uranium, thorium, dan isotop radioaktif. Meskipun memiliki tingkat konsentrasi yang rendah apabila terjadi penimbunan oleh setiap zat tersebut maka akan berbahaya juga bagi lingkungan air. Selain itu juga terdapat merkuri dalam pada hasil proses batubara yang dimana ketika merkuri sudah menyatu dengan air maka akan menjadi racun bagi makhluk hidup di sekitar air tersebut baik dari manusia, hewan, dan tumbuhan (UNEP, 2017)

Sepanjang proses penambangan batubara tentu saja banyak melibatkan mesin seperti mesin pengolahan, mesin kendaraan dan mesin lainnya yang tentu saja akan menghasilkan emisi gas. Emisi gas yang dihasilkan didalamnya ada H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, partikulat dan jenis lainnya yang tidak diperhitungkan yaitu hidrokarbon, NH<sub>3</sub>, dan mineral dalam jumlah kecil. Emisi gas tersebut apabila dilepaskan ke udara akan mengakibatkan kerusakan kualitas lingkungan. CO<sub>2</sub> merupakan emisi gas yang paling besar berkontribusi terhadap pemanasan global sebesar 49% dibandingkan dengan zat-zat lainnya. Kenaikan gas CO<sub>2</sub> dan zat lainnya di udara dapat membuat terhambatnya pengurangan panas dari permukaan bumi dan akan meningkatkan efek rumah kaca yang membuat kenaikan suhu permukaan bumi atau biasa disebut pemanasan global. Biasanya untuk 100 ton produksi batubara akan menghasilkan CO<sub>2</sub> yang terbentuk diudara sebanyak 271,348 ton (Finanhari, HS, & Susiati, 2007).

Tingkat produksi batubara yang tinggi mengakibatkan kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh emisi GRK juga ikut tinggi. Hal ini juga membuat posisi Indonesia sebagai negara yang mendukung gerakan mengurangi GRK akan dipertanyakan. Jika melihat dari perjanjian iklim Paris, Indonesia telah berkomitmen tanpa syarat untuk mengurangi emisi GRK sebesar 29% pada tahun 2030 (Yusnitati, 2000). Sebagai negara dengan yang sangat luas serta sebagai negara



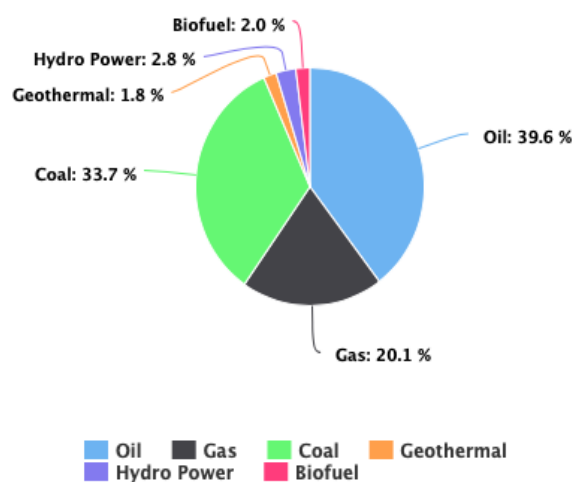
kepulauan membutuhkan pasokan energi yang banyak untuk memenuhi kebutuhan energi (misalnya listrik) bagi masyarakatnya. Batubara yang merupakan salah satu jenis sumber energi yang berasal dari sisa fosil memiliki batas untuk dikelola dalam jangka panjang. Dengan tingkat produksi yang tinggi serta tingkat polusi (seperti CO<sub>2</sub>) yang semakin tinggi tingkat pencemaran yang akan dihasilkan. Emisi gas rumah kaca (GRK) dari sektor energi meningkat di negara yang berkembang pesat ini, dan diperkirakan bahkan akan segera menyusul emisi dari sektor penggunaan lahan. Permintaan energi tumbuh pesat di negara terbesar keempat di dunia secara demografis karena meningkatnya standar hidup, di samping pertumbuhan ekonomi dan populasi yang berkelanjutan (Fünfgeld, 2020).

Untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya suplai energi alternatif selain batubara. Energi baru dan energi terbarukan (EBT) merupakan salah satu sumber yang cocok untuk menggantikan batubara. EBT dinilai memiliki dampak yang rendah terhadap kerusakan lingkungan serta menjamin memiliki keberlanjutan energi hingga masa mendatang (Setyono, Mardiansjah, & Astuti, 2019).

### Penggunaan Energi Baru dan Terbarukan

Pada penjelasan sebelumnya, dapat kita ketahui bahwa batu bara adalah sumber daya pembangkit energi yang sangat potensial di Indonesia. Sebabnya pemanfaatan batu bara sebagai sumber energi sangat ekonomis dan jumlahnya sangat melimpah di Indonesia (Rokhim, Adawiyah, & Nasution, 2018). Meskipun demikian sebuah penelitian menunjukkan, pertambangan batu bara tidak memberikan penambahan nilai terhadap perekonomian, alih-alih menghasilkan dampak buruk terhadap lingkungan dengan berkontribusi terhadap emisi gas karbondioksida terbesar (Rokhim, Adawiyah, & Nasution, 2018). Selain itu juga pembukaan lahan untuk pertambangan batu bara dilakukan melalui proses deforestasi yang juga berimplikasi pada tingkat degradasi lingkungan. Proses produksi batu bara juga menghasilkan limbah yang menjadi salah satu penyebab utama pencemaran pada lahan pertanian dan sungai (Fiyanto, 2014). Atas dasar inilah, batu bara yang sangat potensial di Indonesia juga tidak bisa menjadi sumber daya utama dalam menyediakan kebutuhan energi bangsa. Urgensi akan perbaikan kualitas lingkungan terkait beberapa perjanjian atau konferensi global seperti pada *Paris Agreement* bersama negara-negara lainnya di mana Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca hingga 29% di tahun 2030 dengan usaha sendiri dan 41% dengan bantuan internasional, menghadapkan Indonesia untuk harus segera memiliki alternatif lain dalam sektor energi nasional. Langkah mitigasi yang tepat dari persoalan ini adalah dengan mengoptimalkan penggunaan energi baru terbarukan.

**Grafik 4.** Index Penggunaan Energi Indonesia



Sumber : KESDM (2018)

Menurut IEA pada Melton (2015) energi baru terbarukan (EBT) adalah segala bentuk energi yang dihasilkan melalui sumber daya yang bersifat berkelanjutan yaitu yang tidak akan habis dalam

pemanfaatannya. Berdasarkan Kementerian ESDM dalam IESR (2017), Indonesia memiliki potensi sumber daya EBT yang luar biasa besar. Potensi EBT ini tentunya dapat dimanfaatkan untuk menciptakan ketahanan energi di Indonesia. Namun realitanya, pemanfaatan EBT di Indonesia saat ini masih pada kisaran 6% bauran energi nasional (IESR, 2017).

Melalui diagram tersebut, dapat dilihat bahwa pemanfaatan sumber daya energi yang dominan adalah energi tak terbarukan seperti minyak bumi, gas dan batu bara. Sedangkan pemanfaatan EBT masih belum signifikan. Menurut Anggota Komisi VII DPR RI Dyah Roro Esti Widya Putri, Indonesia memiliki potensi sumber daya EBT yang sangat luar biasa, yaitu sebesar 442 GW (DPR, 2020). Lebih lengkapnya pada pemaparan tabel berikut

**Tabel 4.** Potensi EBT di Indonesia

Jenis Energi	Potensi (MW)	Kapasitas Terpasang (MW)	Pemanfaatan (%)
Panas bumi	29.544	1.438,5	4,9
Air	75.091	4.826,7	6,4
Mini dan mikrohidro	19.385	197,4	1
Surya	207.898	78,5	0,04
Angin	60.647	3,1	0,01
Bioenergi	32.654	1.671,0	5,10
Laut	17.989	0,3	0,002

Sumber : DEN pada IESR (2017)

Berdasarkan tabel di atas, dapat kita lihat bahwa pemanfaatan potensi sumber daya EBT masih sangat kurang. Data ini menunjukkan bahwa Indonesia masih tertinggal dibandingkan negara-negara G20 lainnya, dan menunjukkan banyak peningkatan yang harus dilakukan Indonesia dalam menurunkan tingkat emisi gas karbon dioksida untuk mencapai target dari *Paris Agreement* (IESR, 2017)

Menanggapi hal tersebut, pada Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) Indonesia memiliki target EBT pada bauran energi nasional sebesar 23% di tahun 2025 dan 31% di tahun 2050 (IESR, 2017). Maksimalisasi pemanfaatan EBT akan dilakukan dengan membangun berbagai pembangkit tenaga EBT di berbagai penjuru di Indonesia dengan rincian jumlah sebagai berikut;

**Tabel 5.** Target Pembangunan Pembangkit EBT

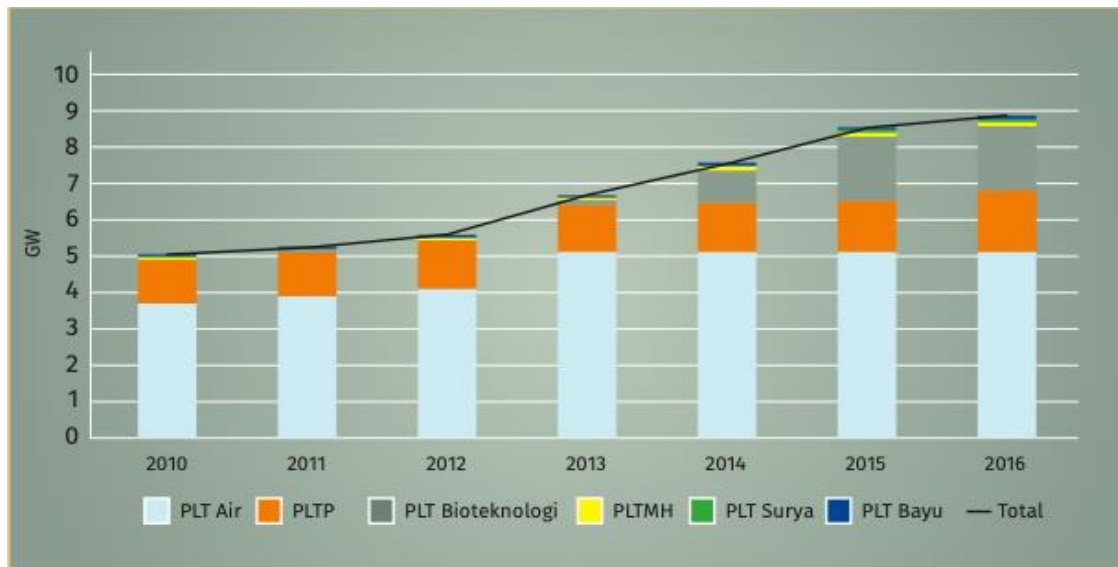
Jenis pembangkit	Target 2025 (MW)	Target 2050 (MW)
Panas bumi	7.241	17.546
Air dan Mikrohidro	20.960	45.379
Bioenergi	5.532	26.123
Surya	6.379	45.000
Angin	1.807	28.607
EBT Lainnya	3.128	6.383

Sumber : KESDM pada IESR (2016)

Pemanfaatan sumber daya EBT ini sudah didukung oleh pemerintah Indonesia melalui berbagai perundang-undangannya. Yang pertama melalui UU no 30 tahun 2007 tentang Energi. Dalam UU tersebut terdapat pembahasan tentang EBT, di mana pasal tersebut mendorong pemerintah pusat maupun daerah untuk bisa meningkatkan pemanfaatan EBT sesuai kewenangannya (IESR, 2017). Kedua, turunan dari UU sebelumnya yaitu Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN). Dalam peraturan tersebut dijelaskan secara spesifik proporsi pemanfaatan EBT pada tahun 2025 dan 2050 (IESR, 2017). Yang terakhir, pada sektor ketenagalistrikan terdapat Peraturan Presiden (Perpres) mengenai pemanfaatan EBT, yaitu Perpres Nomor 4 Tahun 2016 tentang Percepatan Infrastruktur Ketenagalistrikan. Dalam peraturan ini pemerintah daerah dapat memberikan dukungan berupa insentif fiskal, kemudahan perizinan dan nonperizinan, penetapan harga beli tenaga listrik dari masing-masing jenis sumber EBT, pembentukan badan usaha tersendiri dalam rangka penyediaan

tenaga listrik untuk dijual ke PT PLN (Persero) dan atau penyediaan subsidi (IESR, 2017). Atas dukungan pemerintah tersebut, berikut grafik kapasitas pembangkit listrik EBT yang terpasang di Indonesia;

**Grafik 5.** Kapasitas Pembangkit Listrik EBT Terpasang



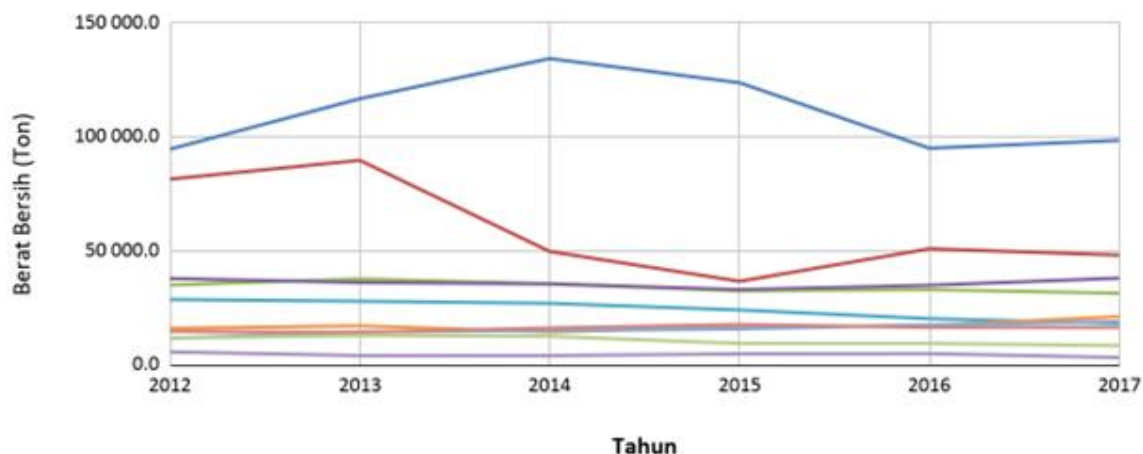
Sumber : DJEBKTE KESDM (2017)

Meskipun demikian, ada beberapa tantangan yang dihadapi oleh pemerintah Indonesia dalam mengembangkan pemerataan energi di Indonesia dengan menggunakan EBT, berikut pemaparannya menurut IESR (2017): (1) Biaya produksi listrik dari pembangkit energi terbarukan masih relatif lebih tinggi sehingga dianggap kurang kompetitif dibanding biaya produksi listrik dari pembangkit konvensional. Beberapa komponen untuk pembangkit listrik energi terbarukan juga masih diimpor, selain mempengaruhi harga produksi, juga menjadi tantangan untuk pemeliharaan, (2) Dalam proses pemeliharaan dan perawatan, kapasitas sumber daya manusia masih perlu ditingkatkan. Dalam beberapa kasus untuk pembangkit listrik energi terbarukan yang dibangun pemerintah pusat dan diserahkan pada pemerintah daerah, pengoperasian dan perawatan tidak berjalan dengan baik sehingga pembangkit tersebut akhirnya mangkrak, (3) Kebijakan dalam negeri saat ini juga dinilai belum kondusif oleh para investor sehingga mereka kurang berminat untuk berinvestasi di sektor energi terbarukan, misalnya minimnya insentif untuk pengembang dan dinamika perubahan kebijakan yang berubah-ubah. Bagi investor, kepastian kebijakan adalah faktor penting untuk mendapatkan pendanaan bank dan juga perlindungan bisnis dalam jangka panjang. (4) Tantangan lain terkait energi terbarukan adalah sifat beberapa sumber energi terbarukan yang *intermittent* (tidak kontinyu) dan tidak dapat ditransportasikan sehingga harus dibangkitkan di lokasi setempat. Hal ini sebenarnya justru baik untuk memberi daya listrik pada lokasi yang sulit dijangkau jaringan seperti daerah pedesaan.

### Peran Batubara bagi Perekonomian Indonesia

Meskipun ada EBT sebagai solusi, batu bara masih menjadi komponen energi primer utama dunia. Mengutip BP *Statistical Review of World Energy* 2018, mineral yang kerap disebut sebagai 'emas hitam' ini menyumbang 27,6% energi primer dunia, mengikuti minyak bumi yang berada di posisi pertama dengan porsi 34,2% (Gunawan, 2019). Batubara juga memiliki sisi positif, terlebih ketika sebagian besar produksi batubara diekspor ke berbagai negara.

**Grafik 6.** Ekspor Batubara Indonesia ke Negara Tujuan Utama

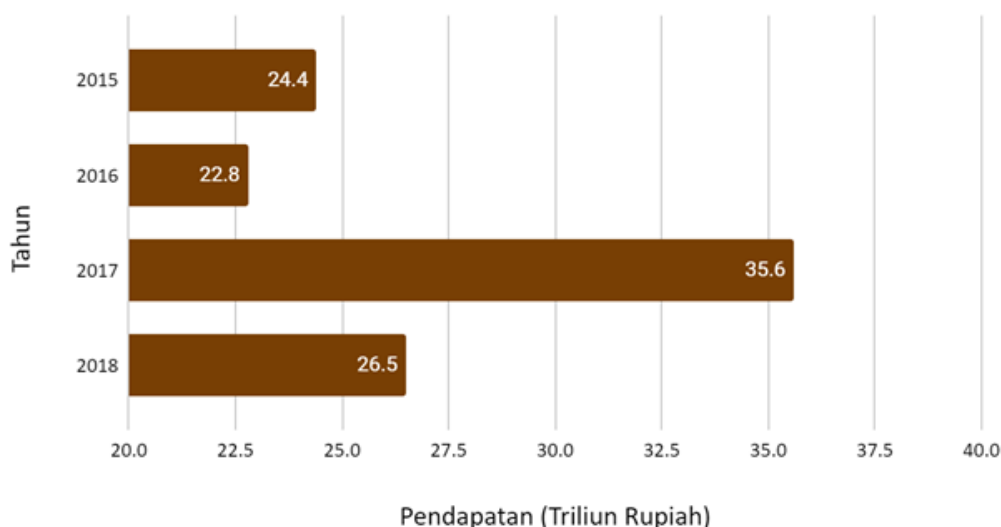


Sumber : BPS (diolah penulis)

Produksi batubara senada dengan kegiatan ekspor karena sebagian besar produksi batubara diekspor ke beberapa negara. Beberapa negara tetangga dan negara Asia menjadi target dari ekspor batubara Indonesia, seperti Thailand, Jepang, Hongkong, Filipina, Korea Selatan, Malaysia, Taiwan, dan India (lihat grafik 6). Berdasarkan grafik diatas India merupakan negara dengan permintaan terbesar terhadap batubara yang disusul oleh Tiongkok, Jepang, Korea Selatan, Taiwan, Malaysia, Philipina, Thailand, Hongkong, dan Spanyol. Hal ini menyebabkan India merupakan target utama ekspor batubara Indonesia. Hampir 80% hasil dari batubara diekspor keluar. Meskipun begitu, selalu terjadi peningkatan konsumsi domestik batubara dari tahun ke tahun.

Batubara dapat berkontribusi kepada pendapatan negara melalui pajak dan non-pajak. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.9 Tahun 2012 Tentang Jenis dan Tarif Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, terdapat 2 cara (non-pajak) agar batubara dapat menyumbangkan pendapatan kepada negara yaitu melalui sewa lahan dan penjualan hasil tambang. Pada rentang tahun 2015-2018 sektor batubara menyumbang sekitar Rp 31 triliun atau hampir 80% dari total pendapatan non-migas dan minyak (Arinaldo & Adiatama, 2019). Pendapatan yang besar ini didominasi dari penjualan batubara baik diekspor keluar negeri maupun penggunaan dalam negeri. Grafik 7 menyajikan data pendapatan negara dari sektor batubara. Grafik tersebut menjelaskan bahwa Indonesia beruntung memiliki batubara sebagai salah satu SDA karena dapat memberikan kontribusi pada pendapatan negara.

**Grafik 7.** Pendapatan Negara dari Sektor Batubara



Sumber : Kementerian Keuangan (diolah penulis)

Dengan demikian, sektor batubara masih menjadi sektor unggulan terhadap ekonomi Indonesia. Batubara memiliki potensi yang besar untuk ditingkatkan dalam bauran energi nasional, mengingat perbandingan antara cadangan dengan produksi batubara mencapai puluhan ribu kali lipat. Selain cadangan yang melimpah, batubara juga merupakan sumber energi yang ekonomis. Dengan harga yang ekonomis tersebut pemerintah dapat memproduksi sumber energi yang berasal dari batubara lebih banyak. Secara nilai ekonomi batubara merupakan salah satu sektor yang bisa dijadikan sebagai andalan dalam meningkatkan pendapatan negara. Di sisi lain juga, batubara merupakan salah satu sektor yang menyumbangkan nilai ekspor cukup besar.

Biaya Investasi (*Capex / capital expenditure*) pembangkit listrik energi baru terbarukan (EBT) masih lebih mahal dari pembangkit energi fosil PLTP (*geothermal*) bisa menelan investasi sekitar 4 juta dolar AS /MW, jauh lebih mahal dibanding PLTU Batubara yang sekitar 1,5 juta dolar AS hingga 2 juta dolar AS /MW. Apalagi ketika berbicara Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) biaya investasi akan jauh lebih mahal. Efisiensi daya yang dihasilkan juga masih menjadi salah satu kendala besar (Khabibi, 2018). Biaya investasi yang mahal akan menyebabkan harga listrik yang dihasilkan oleh EBT menjadi lebih mahal dibandingkan dengan energi listrik yang dihasilkan batubara.

Kapasitas kemampuan EBT untuk memenuhi permintaan akan energi nasional masih terbilang lemah dibanding dengan batubara. Kehadiran EBT masih belum sanggup untuk menggantikan kontribusi batubara terhadap ekonomi Indonesia. Meskipun demikian, peralihan dari sumber daya energi fosil ke ramah lingkungan tetap harus menjadi prioritas. Sebabnya Indonesia memiliki tanggung jawab moral untuk mencapai target dalam *Paris Agreement*, yaitu untuk menurunkan emisi GRK.

## Kesimpulan dan Implikasi

Sektor energi berperan sebagai pendorong roda perekonomian dunia. Apakah itu dalam jangka pendek, menengah, maupun panjang, permintaan dunia akan energi akan terus berlanjut. Secara makro, penggunaan energi di dunia saat ini bergantung pada sumber daya minyak, gas dan batu bara. Sebabnya ketiga sumber daya tersebut adalah yang paling umum dan paling mudah untuk diolah. Meskipun demikian ternyata dalam pemanfaatan ketiganya meninggalkan dampak negatif bagi lingkungan yaitu terciptanya emisi gas rumah kaca yang disebabkan oleh gas karbondioksida.

Mengambil fokus pada sumber daya batu bara, menurut statistik, pemanfaatan batu bara menghasilkan emisi gas karbon dioksida terbanyak setidaknya dalam 10 tahun terakhir. Membahas mengenai batu bara, pada dasarnya sumber daya ini bisa menjadi potensi bagi Indonesia. Sebagai pemilik 2,2% cadangan batubara global, Indonesia memiliki persediaan energi yang sangat melimpah. Hal ini juga memberikan dampak positif bagi Indonesia karena pengolahan sumber daya batubara yang tergolong murah. Selain itu batu bara juga menjadi salah satu komoditas ekspor utama Indonesia di mana pada rentang tahun 2015-2018 sektor ini menyumbang hampir 80% dari total pendapatan non-migas dan minyak. Meskipun demikian pemanfaatan sumber daya batubara sangatlah kotor jika dibandingkan dengan sumber daya energi lainnya. Sebabnya, baik dalam tahap persiapan produksi, produksi, distribusi hingga konsumsi, batubara meninggalkan banyak zat-zat berbahaya seperti pirit (besi sulfida), uranium, torium, isotop radioaktif, hingga komponen gas rumah kaca yang tentunya berdampak buruk bagi lingkungan maupun kesehatan makhluk hidup di sekitarnya.

Berbagai efek negatif dari pemanfaatan sumber daya batubara tersebut akhirnya berimplikasi pada perubahan lingkungan. Hal ini bisa dilihat dari meningkatnya emisi gas rumah kaca yang mengakibatkan semakin naiknya suhu permukaan daratan di bumi sejak tahun 1977 hingga 2019. Kenaikan suhu bumi ini tentunya akan berdampak pada berbagai hal yang berbahaya bagi dunia, seperti bencana alam. Atas persoalan ini, dibutuhkan suatu langkah mitigasi pada sektor energi yaitu dengan mengurangi emisi gas rumah kaca. Langkah tersebut adalah penggunaan sumber daya EBT. Penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan akan berdampak baik pada lingkungan, selaras dengan komitmen negara-negara termasuk Indonesia dalam *Paris Agreement* untuk menurunkan emisi gas rumah kaca global. Meskipun demikian, masih terdapat beberapa tantangan terkhusus bagi pemerintah Indonesia dalam mengembangkan pemanfaatan sumber daya

EBT ini. Hal ini menyimpulkan bahwa pemanfaatan sumber daya EBT belum bisa menggantikan efektivitas dan efisiensi batubara sebagai sumber energi di Indonesia. Indonesia tidak bisa sepenuhnya meninggalkan batubara karena kontribusinya yang begitu besar bagi perekonomian dan sektor energi di Indonesia, oleh karena itu diperlukan optimalisasi pemanfaatan sumber daya EBT selagi Indonesia secara perlahan beralih dari sumber daya energi fosil ke sumber daya energi ramah lingkungan. Namun dengan arah rencana pembangunan yang sudah tepat sasaran dan dengan dukungan segala pihak, target pengurangan emisi gas rumah kaca pada sektor energi dapat dicapai.

## Daftar Pustaka

- IESR. (2017). *Energi Terbarukan : Energi untuk Kini dan Nanti*. Jakarta: IESR.
- DPR. (2020, October 26). *Berita : Potensi Sumber Energi Nasional Masih Besar*. Retrieved from Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia: <https://www.dpr.go.id/berita/detail/id/30520/t/javascript%3b>
- Melton, M., Hudson, A., & Ladislaw, S. (2015). *Energy 101 : Introduction to Renewables*. Washington DC: Center for Strategic and International Studies (CSIS).
- Fiyanto, A. (2014). *Bagaimana Pertambangan Batubara Melukai Perekonomian Indonesia*. Jakarta: Greenpeace.
- Elias, S. (2018). Climate Change and Energy. *Encyclopedia of the Anthropocene, I*, 457-466.
- Murniningtyas, E. (2011). *Kebijakan Nasional Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim*. Jakarta: Bappenas.
- McGinley, P. C. (2011). Climate Change and the War on Coal : Exploring the Dark Side. *Vermont Journal of Environmental Law*, 256-329.
- Sagar, A., Oliver, H., & Chikkatur, A. (2006). Climate Change, Energy, and Developing Countries. *Vermont Journal of Environmental Law*, 1-25.
- Bromley, C., Mongilo, M., Hiriart, G., Goldstein, B., Bertani, R., Huenges, E., . . . Zui, V. (2010). Contribution of Geothermal Energy to Climate Change Mitigation : the IPCC Renewable Energy Report. *Proceedings World Geothermal Congress*. Bali: GNS Science.
- Lakovic, M., Banjac, M., Jovic, M., & Mitrovic, D. (2015). Coal-Fired Power Plants Energy Efficiency and Climate Change-Current State and Future Trends. *Working and Living Environmental Protection, XII*, 217-227.
- Research Team Harvard University. (2015). *Human Cost of Coal Power*. Jakarta: Greenpeace Indonesia.
- Bappenas. (2009). *Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap*. Jakarta: Bappenas.
- KLHK. (2018). *Arah Kebijakan dan Sasaran Adaptasi Perubahan Iklim di Indonesia*. Jakarta: KLHK.
- Bruckner, e. a. (2014). Energy Systems. In e. a. Edenhofer, *Climate Change : Mitigation of Climate Change* (pp. 482-570). Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- Moomaw, e. a. (2011). Introduction. In e. a. Edenhofer, *IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation* (pp. 164-206). Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- Fahmuddin, A. (2019). *Metode Penilaian Adaptasi dan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Sektor Pertanian*. Jakarta: Badan Penelitian Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian.
- Beecher, J., & Kalmbach, J. (2012). Climate Change and Energy. In J. Winkler, J. Andersen, J. Hatfield, D. Bidwell, & D. Brown, *U.S. National Climate Assessment Midwest Technical Input Report* (pp. 3-14). Michigan: GLISA Center.
- Rokhim, R., Adawiyah, W., & Nasution, R. E. (2018). The Negative Impact of Coal Mining Company on Health, Environment, Climate Change, Economic Sustainability and Macroeconomic. *E3S Web of Conferences*. Depok: ICSOLCA.
- Lashof, D., Delano, D., Devine, J., Finamore, B., Hammel, D., Hawkins, D., . . . Wald, J. (2007). *Coal in a Changing Climate*. New York: Natural Resources Defense Council.
- Bappenas. (2013). *Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim*. Jakarta: Bappenas.

- Bappenas. (2014). *Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim*. Jakarta: Bappenas.
- Jakob, M., Steckel, J., Jotzo, F., Sovacool, B., Cornelsen, L., Chandra, R., . . . Urpelainen, J. (2020). The Future of Coal in a Carbon-Constrained Climate. *Nature Climate Change*, X, 702-707.
- Ivanova, V. R. (2020). The Anthropogenic Air Pollution and Human Health. *Journal of IMAB*, 3057-3062.
- Akpan, U., & Akpan, G. (2012). The Contribution of Energy Consumption to Climate Change : A Feasible Policy Direction. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 21-33.
- Santoso, W. (2015). Kebijakan Nasional Indonesia dalam Adaptasi dan Mitigasi Perubahan Iklim. *Hasanuddin Law Review*, 371-390.
- United Nations. (1992). *United Nations Framework Convention on Climate Change*. UN.
- Setyono, J., Mardiansjah, F., & Astuti, M. (2019). Potensi Pengembangan Energi Baru dan Energi Terbarukan di Kota Semarang. *Jurnal Riptek*, XIII, 177-186.
- Finanhari, I., HS, D., & Susiati, H. (2007). Gas CO<sub>2</sub> dan Polutan Radioaktif dari PLTU Batubara. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*.
- Sanchez, L., & Luan, B. (2018). *The Health Cost of Coal in Indonesia*. GSI Report.
- UNEP. (2017). *Mercury Emission from Coal Fired Power Plants in Indonesia*. UNEP.
- Yusnitati. (2000). Aspek Pencemaran Lingkungan dari Pabrik Pencairan Batubara. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 63-72.
- Metcalfe, T. (2017, March 17). *Environment : What are Fossil Fuels*. Retrieved from NBC News: <https://www.nbcnews.com/mach/science/what-are-fossil-fuels-ncna983826>
- KESDM. (2018, October 25). *Arsip Berita : Menguak Potensi Batubara Metalurgi, Batubara dengan Harga Jual Tinggi*. Retrieved from Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia: <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/menguak-potensi-batubara-metalurgi-batubara-dengan-harga-jual-tinggi#:~:text=BANDUNG%20-%20Batubara%20terbagi%20menjadi%20dua,bahan%20utama%20dalam%20industri%20metallurgi>
- Arinaldo, D., & Adiatama, J. (2019). Indonesia's Coal Dynamic. *Toward A Just Energy Transition*.
- Fünfgeld, A. (2020). *Coal vs Climate - Indonesia's Energy Policy Contradicts Its Climate Goals*. German Institute for Global and Area Studies (GIGA).
- Gunawan, A. (2019, November 26). *Maaf, Batu Bara Telah dan Masih Akan Jadi "Nadi" Ekonomi RI*. Retrieved from CNBC Indonesia: <https://www.cnbcindonesia.com/news/20191126194713-4-118223/maaf-batu-bara-telah-dan-masih-akan-jadi-nadi-ekonomi-ri>
- Khabibi, K. (2018, September 30). *Dilema Penggunaan Energi Baru Terbarukan (EBT)*. Retrieved from Kompasiana: <https://www.kompasiana.com/khoirulkhabibi4337/5bb09956c112fe6c3e45dc72/dilema-penggunaan-energi-baru-terbarukan-ebt?page=all>