

## BAB 4

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Gambaran Umum Ojek Penelitian

Ketahanan Energi belum memiliki konsensus global tentang definisi ketahanan energi (Supriyadi, 2020). Hal tersebut dikarenakan setiap negara memiliki karakteristik sistem energi dan situasi masing-masing sehingga terjadi perbedaan dalam masalah definisi ketahanan energi (Cherp & Jewel, 2014). Studi yang dilakukan Energy Charter Secretariat (2015), negara eksportir, importir dan transit energi, khususnya minyak memiliki konsep ketahanan yang berbeda. Indonesia sendiri saat ini merupakan negara net Importir minyak. Tabel 4.1 mengklasifikasikan definisi umum ketahanan energi berdasarkan karakteristik sistem energi suatu negara.

**Tabel 4.1. Konsep Umum Ketahanan Energi Berdasarkan Negara Eksportir, Importir dan Transit (Energy Charter 2015, dalam Supriyadi, 2020)**

	Negara Eksportir (OPEC)	Negara Importir (OECD)	Negara Transit (Ukraina, Mesir, dll)
Variabel (Umum)	Kelangsungan Permintaan	Kelangsungan Pasokan	Memaksimalkan fee transit
	Dibeli dengan harga pantas	Harga Murah	

Mayoritas negara di dunia, seperti OECD hanya bergantung pada ketersediaan (*availability*) dari pasokan energi. Namun untuk mencapai ketahanan energi di Indonesia cukup rumit, mengingat kondisi Indonesia yang terdiri dari berbagai Pulau. Yusgiantoro (2021) berdasarkan pengalaman empirisnya menyebutkan bahwa, selain tersedianya energi,

infrastruktur untuk menyalurkan energi tersebut juga menjadi faktor yang sangat penting agar masyarakat dapat mengakses energi (*accessibility*). Kemudian ketika akses energi tersebut sudah tersedia, masyarakat harus dapat menjangkau harga dari energi tersebut agar dapat dimanfaatkan, sehingga tercetuskan dimensi *affordability* pada ketahanan energi Indonesia.

Kemudian, kasus rencana pembangunan PLTN Muria sekitar tahun 2007 menunjukkan bahwa masih ada resistensi terhadap pembangunan infrastruktur energi di daerah sekitar, karena minimnya pengetahuan mengenai nuklir dan kurangnya sosialisasi yang mendalam terhadap tokoh-tokoh berpengaruh disana. Masyarakat sebetulnya menginginkan pembangunan PLTN yang dapat menghasilkan energi dalam jumlah besar sehingga dapat mendorong ekonomi masyarakat sekitar. Namun, mereka tidak ingin nuklir tersebut dibangun dipekarangan rumahnya (Yusgiantoro, 2021). Hal tersebut menggambarkan bahwa dimensi *acceptability* dari masyarakat berpengaruh dalam ketahanan energi di Indonesia. Apabila keempat dimensi tersebut telah terlaksana dengan baik maka, energi akan berkelanjutan (*sustainable*). Apabila dilihat dari kondisi saat ini indikator yang penting agar dapat membuat energi berkelanjutan adalah teknologi. Dari alur berfikir tersebut, tercetus konsep yang dibangun oleh Universitas Pertahanan, yaitu 4A + 1S.

Definisi ketahanan energi sesuai dengan PP 79 No 2014 sudah disebutkan sebelumnya dimana dijadikan suatu acuan bagi Dewan Energi Nasional (DEN) dalam menyusun Buku Ketahanan Energi 2019, mengukur ketahanan energi menggunakan empat aspek atau dimensi, yaitu ketersediaan energi (*availability*), kemampuan akses (*accessibility*), keterjangkauan harga (*affordability*) dan penerimaan masyarakat (*acceptability*) atau biasa dikenal dengan 4A. Sementara itu, konsep pada Universitas Pertahanan RI, ketahanan energi diukur menggunakan konsep

4A+1S, yaitu dengan menambahkan dimensi 1 S, keberlanjutan energi (*sustainability*) dalam pengukurannya.

Pada konsep 4A, masing-masing dimensi memiliki indikator yang dapat di ukur dan tersedia data realisasinya. Indikator ketahanan energi pada konsep 4A yang disusun oleh DEN tercantum pada Tabel 4.2.

**Tabel 4. 2. Indikator Ketahanan Energi 4A (Sekretariat Jenderal DEN, 2020)**

No	Dimensi	Indikator
1	<i>Availability</i>	Cad. BBM dan LPG
		Cad. Penyangga Energi
		Impor BBM dan LPG
		Impor Minyak Bumi
		<i>Domestic Market Obligation</i> Gas dan Batubara
		Pencapaian <i>Energy Mix</i>
		Cad. dan Sumber Daya Migas
		Cad. dan Sumber Daya Batubara
2	<i>Accessibility</i>	Penyediaan BBM dan LPG
		Penyediaan Tenaga Listrik
		Pelayanan Tenaga Listrik
		Penyediaan Gas Bumi
		Distribusi Gas Bumi
3	<i>Affordability</i>	Produktivitas Energi
		Harga BBM dan LPG
		Harga Tenaga Listrik
		Harga Gas Bumi
4	<i>Acceptability</i>	Efisiensi Energi
		Peranan EBT
		Penurunan Emisi GRK

Pengukuran ketahanan energi dengan menggunakan 4A menggunakan parameter-parameter pengukuran sebagaimana pada tabel di bawah.

**Tabel 4. 3. Parameter Indikator Dimensi *Availability* (DEN, 2020)**

No	Indikator	Kondisi Parameter yang Diharapkan
1	Cadangan BBM & LPG	- Cadangan BBM dan LPG 30 hari konsumsi
2	CPE	- Cadangan Penyangga Energi 30 hari konsumsi
3	Impor BBM dan LPG	- Impor BBM dan LPG kurang dari 30% kebutuhan domestik - Rasio <i>Herfindahl-Hirschman Index</i> (HHI) sumber impor BBM dan LPG $\leq 0,25$
4	Impor Minyak bumi	- Kebutuhan <i>intake</i> kilang untuk minyak bumi 100% diharapkan terpenuhi dari dalam negeri - Rasio HHI sumber impor minyak bumi $\leq 0,25$
5	DMO Gas dan Batubara	- Pemenuhan gas bumi untuk domestik 60% dari produksi nasional - Pemenuhan batubara untuk domestik 40% dari produksi nasional
6	Pencapaian Bauran Energi	- Target bauran energi pada tahun 2025: minyak bumi 25%, batubara 30%, gas bumi 22% dan EBT 23%.
7	Cadangan dan Sumber Daya Migas	- Cadangan terbukti minyak bumi minimal 15 tahun; Cadangan terbukti gas minimal 40 tahun - <i>Reserve Replacement Ratio</i> (RRR) minyak bumi $>1$ ; - <i>Reserve Replacement Ratio</i> (RRR) gas bumi $>1$
8	Cadangan dan Sumber Daya Batubara	- Cadangan terbukti batubara minimal untuk kebutuhan 25 tahun ke depan; Adanya WPN

**Tabel 4. 4. Parameter Indikator Dimensi *Accessibility* (DEN, 2020)**

No	Indikator	Kondisi Parameter yang Diharapkan
1	Penyediaan BBM dan LPG	- Kemampuan produksi kilang BBM dan LPG memenuhi 100% kebutuhan domestik - Kapasitas penyimpanan BBM dan LPG mampu menyimpan 30 hari konsumsi - Transportasi distribusi BBM 30% menggunakan jalur pipa
2	Penyediaan Tenaga Listrik	- Pertumbuhan kapasitas pembangkit lebih besar dari kebutuhan - Interkoneksi sistem pembangkit dan jaringan - Neraca daya tidak defisit dan <i>Reserve Margin</i> sedikitnya 20% - Rasio elektrifikasi 100%, <i>losses</i> jaringan $< 10\%$ - Stok sumber energi primer pada pembangkit minimal 20 hari konsumsi pembangkit
3	Pelayanan Listrik	- SAIDI 4 jam per pelanggan per tahun - SAIFI 3 kali per pelanggan per tahun
4	Penyediaan Gas Bumi	- <i>Existing</i> dan <i>project supply</i> dapat memenuhi paling sedikit 20% di atas kebutuhan ( <i>contracted</i> dan <i>committed</i> )
5	Pelayanan Distribusi Gas Bumi	- Gangguan pasokan gas bumi domestik: - <i>Unplanned shut down</i> lebih dari 30 hari dalam setahun - Infrastruktur gas bumi belum tersedia namun pasokan tersedia atau sebaliknya - Realisasi proyek hulu tertunda

**Tabel 4. 5. Parameter Indikator Dimensi *Affordability* (DEN, 2020)**

No	Indikator	Kondisi Parameter yang Diharapkan
1	Produktivitas Energi	- Peningkatan produk domestik bruto (PDB) melebihi peningkatan penggunaan energi primer. Semakin tinggi nilai produktivitas energi menunjukkan tingkat utilitas energi yang semakin baik dan efisien.
2	Harga BBM dan LPG	- Harga jual BBM dan LPG mengandung maksimal 20% subsidi
3	Harga Listrik	- Tarif Tenaga Listrik (TTL) mencerminkan BPP dan margin usaha - Penerapan harga listrik regional
4	Harga Gas Bumi	- Harga jual gas bumi minimal sama dengan harga keekonomian lapangan (berdasarkan POD)

**Tabel 4. 6. Parameter Indikator Dimensi *Affordability* (DEN, 2020)**

No	Indikator	Kondisi Parameter yang Diharapkan
1	Efisiensi Energi	- Elastisitas Energi < 1 - Intensitas Energi turun 1% per tahun
2	Peranan EBT	- Target EBT dalam bauran energi 23% tahun 2025
3	Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca	- Target penurunan emisi GRK 2030 sektor energi: penurunan 11% (314 juta ton CO <sub>2</sub> e) atau 14% (398 juta ton CO <sub>2</sub> e) dengan bantuan negara maju

Pengukuran yang dilakukan tersebut belum memperhitungkan *sustainability* sebagaimana konsep yang digunakan di Universitas Pertahanan RI. Oleh sebab itu, penulis akan meneliti pengukuran ketahanan energi dengan konsep 4A+1S yang akan difokuskan pada dimensi *sustainability*.

Energi berkelanjutan (*sustainable energy*) lebih mengarah kepada lingkungan dan menipisnya sumber bahan bakar fosil. Untuk mencapai pembangunan berkelanjutan terdapat 4 tema yang saling berkaitan, yaitu pasokan energi yang berkelanjutan, *energy security*, akses terhadap layanan energi yang terjangkau dan konsumsi energi yang berkelanjutan (Gunnarsdottir, 2021). *Sustainability* dalam bidang energi berkaitan dengan performa lingkungan, ekonomi, *society* dan perkembangan teknologi.

Dalam pengukuran ketahanan energi menggunakan konsep 4A+1S ini menggunakan 3 tahapan utama, yaitu:

1. Penentuan Indikator pada dimensi Sustainability, dengan menggunakan studi literatur dan *expert judgement*.
2. Pembobotan, menggunakan kuesioner dengan metode AHP dengan responden yang paham akan sektor energi, dari sisi Pemerintah maupun Badan Usaha
3. Penilaian, menggunakan *expert judgement* dengan mengacu pada data realisasi setiap indikator.

Skala pengukuran yang digunakan menggunakan nilai yang merepresentasikan suatu kondisi yaitu:

1. Nilai (0,00 - 1,99) = Sangat Rentan,
2. Nilai (2,00 - 3,99) = Rentan,
3. Nilai (4,00 - 5,99) = Kurang Tahan
4. Nilai (6,00 - 7,99) = Tahan,
5. Nilai (8,00 - 10) = Sangat tahan,

Dalam penentuan indikator *sustainability*, diseleksi dari indikator yang telah dikumpulkan dari berbagai referensi internasional terkait dimensi *sustainability* pada tabel 4.7. Penyeleksian tersebut melibatkan *expert* untuk menentukan indikator yang relevan untuk mengukur *sustainability*. Sehingga dari berbagai indikator yang diajukan pada tabel 4.3. terpilih 5 indikator. Pada tabel dibawah keterangan (+) menunjukkan bahwa indikator tersebut dapat relevan untuk mengukur *sustainability* di Indonesia, (-) kurang relevan dan (\*) sudah tercakup pada indikator 4A.

**Tabel 4. 7. Referensi Indikator Sustainability Pada Beberapa Jurnal Internasional (dikutip dari berbagai sumber)**

No	Nama Index	Dimensi/Aspek	Indikator	Ket
1	Energy Security Performance (Sovacool, Benjamin K., et al. 2011)	Environmental Sustainability	· Land Use (Forest Cover)	(+)
			· Water (Water availability)	(-)
			· Climate Change	(-)
			· Pollution	(-)
2	Energy Sustainability Index (Doukas, Haris, et al, 2012)		· Population density (Number of inhabitants/km <sup>2</sup> )	(-)
			· Energy consumption per inhabitant (TOE/capita)	(-)
			· GDP per inhabitant (Euro/capita)	(-)
			· RES production per inhabitant (TOE/capita)	(-)
			· Fossil-fuel consumption per inhabitant (TOE/Capita)	(-)
			· RES electricity (%)	(-)
			· RES thermal (%)	(-)
			· RES per fuel electricity production (RES/fossil fuel in electricity production)	(+)
			· Ratio of local residents to peak season tourist (%)	(*)
3	Energy Security Indicators (Selvakkumaran, Sujeetha, and Bundit Limmeechokchai, 2013)	Sustainability	· Diversity of Fuel Shares	(*)
			· NonCarbon Fuel Shares	(*)
			· Renewable fuel shares	(*)
			· Carbon emission Intensity	(+)
			· Carbon emission per capita	(-)
			· CO <sub>2</sub> Emission	(*)
4	Sustainability Energy Development Index (Iddrisu, Insah, and Subhes C. Bhattacharyya, 2015)	Sustainability Energy Development	Technical	
			· Share of depletion non renewable in TPES	(*)
			· Depletion coefficient of local energy resources	(-)
			· Overall system conversion	(-)
			Economic	
			· Per capita consumption of commercial energies	(-)
			· Final energy intensity	(*)
			· Share of productive use of energy	(*)
			Social	
			· Per capita consumption of clean energi in residential	(-)
			· Income inequality	(-)
			Environmental	
			· Share of dirty fuels in residential energy consumption	(-)
			· Carbon intensity	(+)
			Institutional	(-)
			· Overall self sufficiency	
5	Energy Architectur Performance Index (EAPI). (WEF, 2016)	Environmental Sustainability	Alternative and nuclear energy use (%)	(-)
			· CO <sub>2</sub> emission from electricity production (gCO <sub>2</sub> /kWh)	(-)
			· Methane emission in energy sector (mTon CO <sub>2</sub> eq/total population)	(-)
			· NO emission in energy sector (mTon CO <sub>2</sub> eq/total population)	(-)
			· PM 2.5, country level (microgr per cubic metre)	(-)
			· Average fuel economy for passenger cars (l/100km)	(-)
6	Energy Security Index (Li, Yingzhu, Xunpeng Shi, and Lixia Yao, 2016)		· Carbon intensity	(+)
			· TPEC per capita	(*)
			· Share of energy fossil in TPES	(*)
7	Sustainability Performance (Antanasijević, Davor, et al, 2017)	Environmental Sustainability	· GHG Gas Emission (%)	(-)
			· GHG gas emission's intensity of energy consumption (%)	(-)
			· Primary energy consumption (TOE/capita)	(*)
			· Energy dependence (%)	(*)
			· Share RE in gross final energy consumption (%)	(*)
8	World Energy Trilemma Index 20	Environmental Sustainability	Final Energy Intensity	
			Efficiency of Power Generation and T&D	(+)
			Trend of GHG emission from energy	(-)
			Low carbon electricity generation	(-)
			CO <sub>2</sub> Intensity	(+)
			CO <sub>2</sub> per Capita	(-)
			CH <sub>4</sub> emission from energy per ktoe	(-)
			PM <sub>2.5</sub> mean annual exposure	(-)

Berdasarkan studi literatur tersebut dan dengan diperkuat masukan dari *expert*, indikator yang relevan dengan dimensi *sustainability* dalam mengukur ketahanan energi yaitu:

1. Intensitas Karbon, dilihat dari perbandingan CO<sub>2</sub> per PDB
2. Produksi Listrik dari Sumber Energi Terbarukan, diukur dari perbandingan produksi listrik bersumber energi terbarukan terhadap produksi listrik bersumber energi fosil.
3. Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik, mencakup pembangkit dan jaringan mengacu pada Peraturan Menteri ESDM No 09 Tahun 2020
4. Teknologi, diukur dari penggunaan teknologi ramah lingkungan dan penggunaan TKDN pada teknologi di sektor energi.
5. Luasan hutan, yang merupakan faktor utama dalam menyerap CO<sub>2</sub>, diukur dari penurunan luas hutan.

Pada tahapan kedua dilakukan pembobotan dengan menggunakan AHP mengacu pada referensi metode pembobotan yang dilakukan oleh Dewan Energi Nasional pada tahun 2015 dan masih dipergunakan hingga saat ini.

Pada tahapan ketiga, dilakukan pengukuran ketahanan energi dengan melibatkan *expert* yang menguasai ketahanan energi untuk melakukan penilaian dengan data-data yang telah disajikan pada setiap indikator. Dari hasil pengukuran indeks ketahanan energi kemudian akan mendapatkan gambaran kondisi ketahanan energi nasional apabila mencakup dimensi *sustainability* dalam pengukurannya.

#### **4.2 Hasil Pengumpulan Data**

Pengumpulan data pada dilakukan untuk menentukan indikator pada dimensi *sustainability* dan juga data realisasi masing-masing indikator tersebut dengan narasumber Prof. Purnomo Yusgiantoro, yang pernah menjabat sebagai Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral, Dr. Saleh Abdurrahman, yang pernah menjabat sebagai Staf Ahli Menteri ESDM Bidang Lingkungan Hidup dan Tata Ruang, saat ini sebagai anggota komite BPH, dan stakeholder di sektor ESDM dari Sekretariat Jenderal DEN, Ditjen

Ketenagalistrikan, Ditjen EBTKE serta dari Badan Usaha PT PLN dan PT Pertamina. Selain dari narasumber atau responden, pengumpulan data juga menggunakan data *publish* sektor energi dan juga lingkungan (KLHK). Untuk data yang digunakan pada pengukuran konsep 4A dapat dilihat pada lampiran 3.

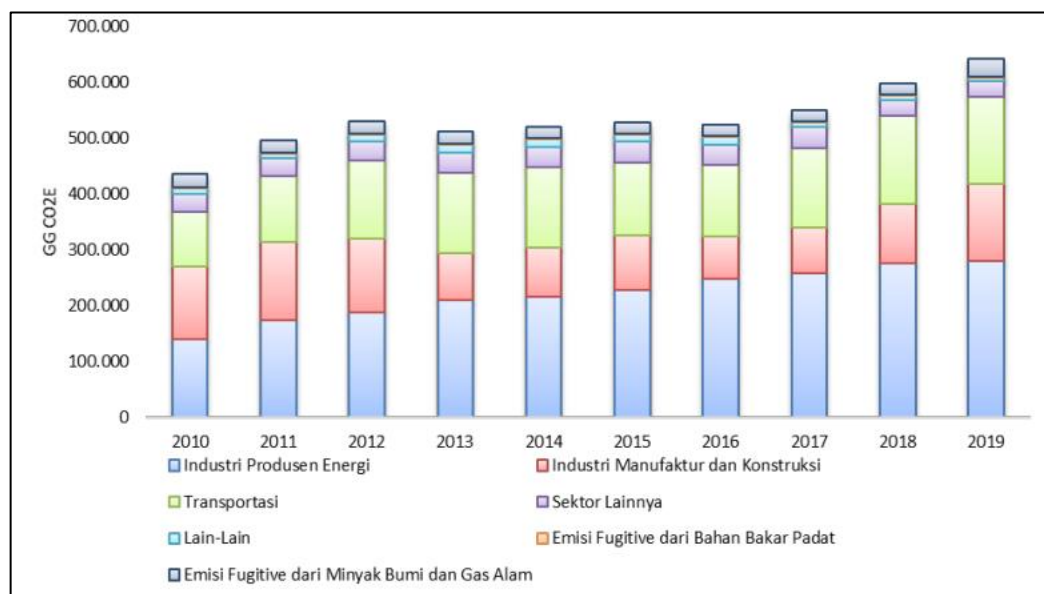
Sesuai dengan yang disebutkan pada subbab 4.1, indikator yang digunakan pada pengukuran dimensi *sustainability* adalah (1) intensitas karbon, (2) produksi listrik dari energi terbarukan, (3) efisiensi penyediaan tenaga listrik, (4) teknologi, (5) luasan hutan. Berikut penjabaran dari masing-masing indikator.

#### **4.2.1. Intensitas Karbon (CO<sub>2</sub>)**

*Sustainability* dalam bidang energi berkaitan dengan performa lingkungan, ekonomi, sosial dan perkembangan teknologi. Indikator ini mengimplementasikan performa lingkungan dan ekonomi. Intensitas CO<sub>2</sub> diukur dengan menggunakan realisasi emisi per produk domestik bruto (PDB), untuk mengetahui berapa rupiah setiap ton CO<sub>2</sub> yang dihasilkan.

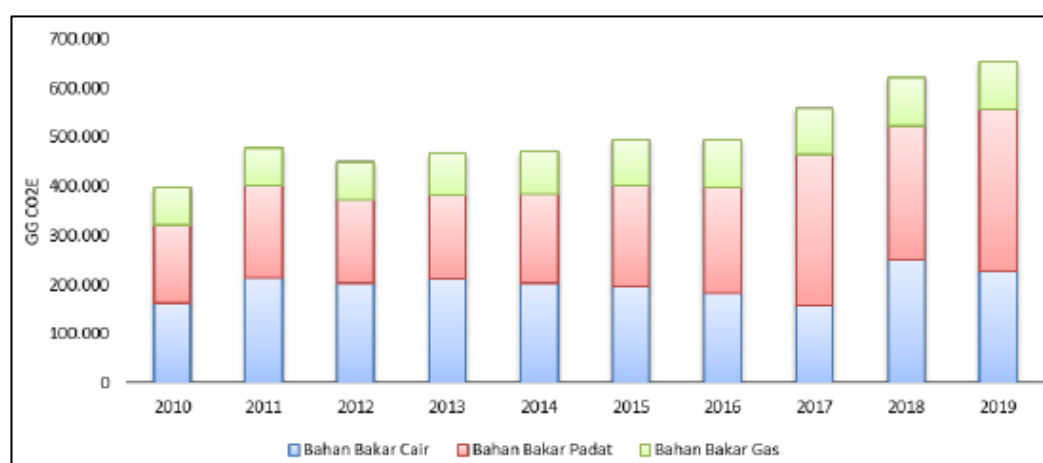
Mengacu kepada Buku Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional Buku II Vol I Tahun 2010, ada 2 pendekatan untuk melakukan perhitungan emisi, yaitu katagori sumber emisi dan jenis bahan bakar. Pada tahun 2019, Emisi GRK sektor energi berdasarkan katagori sumber emisi (pendekatan sektor) adalah 638.452 Gg CO<sub>2</sub>e, dengan emisi paling besar disumbangkan oleh industri produsen energi dengan persentase 43,93%, kemudian transportasi 23,64%, industri manufaktur dan konstruksi 21,46% dan sektor lainnya 4,13%, emisi fugitive dari migas memiliki kontribusi sebesar 4,81%, lain-lain 0,69% dan emisi *fugitive* dari bahan bakar padat 0,42% sesuai pada Gambar 4.1.

Emisi GRK mengalami kenaikan 7,13% pada tahun 2019 dan secara keseluruhan meningkat dengan rata-rata 4,32% sejak tahun 2010.



**Gambar 4. 1. Emisi GRK Berdasarkan Katagori Sumber Emisi (Sumber: ESDM, 2020)**

Berdasarkan pendekatan lainnya, yaitu jenis bahan bakar, pada tahun 2019 emisi GRK sektor energi sebesar 653.787 Gg CO<sub>2</sub>e, dengan persentase terbesar adalah bahan bakar padat sebesar 50,17%, diikuti bahan bakar cair dan gas. Emisi berdasarkan perhitungan pendekatan ini mengalami peningkatan rata-rata sebesar 5,51 per tahun, tren peningkatannya dapat dilihat pada Gambar 4.2.



**Gambar 4. 2. Emisi GRK dengan Pendekatan Jenis Bahan Bakar (Sumber: ESDM, 2020)**

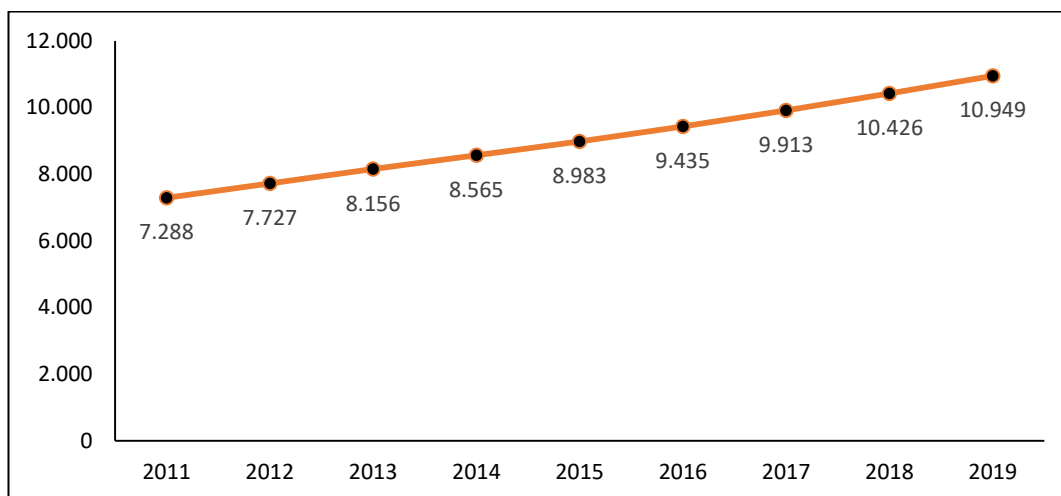
Perhitungan emisi melalui kedua pendekatan diatas menghasilkan angka yang berbeda karena cara perhitungannya yang berbeda. Pendekatan berdasarkan katagori sumber emisi menggunakan sistem *bottom-up*, dihitung dari sisi permintaan energi akhir. Berbanding terbalik dengan pendekatan perhitungan dengan jenis bahan bakar yang menggunakan sistem *top-down*, mengacu dari sisi pasokan energi primer.

Apabila dibandingkan dengan *baseline* emisi pada tahun 2010, emisi GRK pada tahun 2019 adalah 815 Juta Ton CO<sub>2</sub>e (Tabel 4.8), sementara itu realisasi emisi menggunakan pendekatan katagori sumber emisi sebesar 638 juta Ton CO<sub>2</sub>e atau mengalami penurunan kurang lebih 22% dari proyeksi yang direncanakan pada tahun 2010. Sementara itu emisi pada tahun 2030 ditargetkan dapat diturunkan sebesar 29% dari *Business as Usual* (BaU) pada tahun 2030 atas dasar *Paris Agreement* pada COP-21.

**Tabel 4. 8 Perbandingan Baseline dan Realisasi Emisi GRK (Sumber: ESDM 2020)**

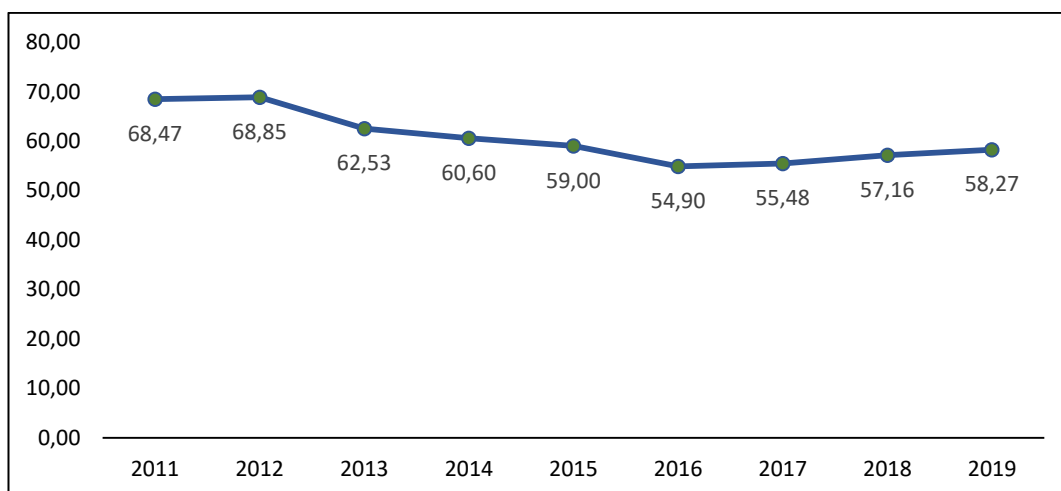
Tahun	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Baseline Emisi	484	516	551	588	628	670	715	763	815
Emisi Tier 1	499	532	510	519	530	518	550	596	638

Sementara itu PDB Indonesia pada harga konstan 2010 pada tahun 2019 sebesar Rp 10,949 Triliun, dapat dilihat pada Gambar 4.3. Tren ekonomi yang cukup baik dalam 10 tahun terakhir hingga tahun 2019 sebelum terjadi pandemi.



**Gambar 4. 3. PDB Indonesia Tahun 2011-2019 dalam triliun pada harga konstan 2010 (Sumber: ESDM, 2020)**

Intensitas karbon pada sektor energi diukur dari emisi CO<sub>2</sub> per PDB. Pada tahun 2019, intensitas karbon meningkat dari 57,16 kg CO<sub>2</sub>e/ juta rupiah menjadi 58,27 kg CO<sub>2</sub>e/ juta rupiah yang dapat dilihat pada Gambar 4.4. Idealnya, angka *sustainability* akan semakin tinggi apabila nilai dari intensitas karbon semakin rendah.



**Gambar 4. 4. Emisi Karbon Sektor Energi per PDB tahun 2011-2019 (diolah dari data ESDM)**

Sementara itu, apabila mengacu pada data *worldbank*, emisi secara keseluruhan (tidak hanya sektor energi) CO<sub>2</sub> kg per PPP \$ GDP adalah 0.192, cukup baik apabila dibandingkan dengan negara-negara ASEAN.

Semakin kecil nilainya maka biaya pengeluaran per kg semakin rendah. Namun, terjadi peningkatan dalam 3 tahun terakhir hingga tahun 2018 yang berkebalikan dengan negara-negara lain yang cenderung menurun sesuai pada tabel 4.9.

**Tabel 4. 9. Perbandingan Emisi CO2 kg per PPP \$ GDP beberapa negara 2015-2018 (Sumber : World Bank)**

	2015	2016	2017	2018
<b>Indonesia</b>	0.187	0.18	0.184	0.192
<b>Singapura</b>	0.092	0.09	0.089	0.086
<b>Malaysia</b>	0.31	0.292	0.269	0.276
<b>Thailand</b>	0.235	0.225	0.216	0.205
<b>China</b>	0.565	0.528	0.504	0.486
<b>US</b>	0.265	0.256	0.246	0.247
<b>Denmark</b>	0.112	0.114	0.104	0.103

#### 4.2.2. Produksi Listrik Bersumber Energi Terbarukan

Listrik merupakan energi paling utama saat ini, karena setiap kegiatan ekonomi, militer, dan lain sebagainya menggunakan listrik. Agar produksi listrik dapat berkelanjutan perlu adanya transisi menggunakan produksi listrik yang menggunakan sumber energi terbarukan. Saat ini penggunaan energi terbarukan untuk produksi pembangkit listrik menggunakan air, geothermal, biomassa, angin, biogas, sampah dan *solar* yang meliputi jaringan *ongrid* dan *offgrid*.

Berdasarkan data *Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia* (HEESI) 2020, produksi listrik total pada tahun 2019 adalah 291.956 GWh, yang dapat dilihat pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11. Produksi dari sumber energi terbarukan sebesar 53.036 GWh, sementara itu produksi listrik dari sumber energi fosil sebesar 238.920 GWh.

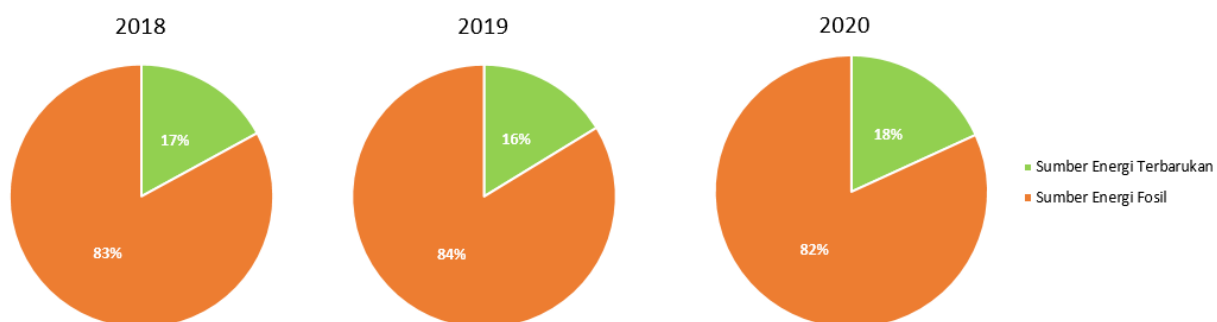
**Tabel 4. 10. Produksi Listrik On-Grid Berdasarkan Sumber Energi 2010-2020 (Sumber: ESDM, 2020)**

	ON GRID																	GWh			
	PLN							PLN PURCHASE FROM IPP & PPU													
	Hydro PP	Geother mal	Solar PP	Diesel PP	Steam PP (Coal, Oil, gas, Cofiring)	Combine Gas-Steam PP	Gas PP	Gas Engine PP	Hydro PP	Geothermal	Solar PP	Diesel PP	Steam PP (Coal, Oil, gas)	Combine Gas- Steam PP	Gas PP	Gas Engine PP	Wind PP	Biomass pp	Biogas	Waste PP	Total On Grid
2010	15.827	3.398	1	11.926	54.407	36.812	9.266	74	1.629	5.959	-	369	21.985	6.512	1.618	-	4	-	-	-	169.787
2011	10.316	3.487	1	16.125	62.335	40.410	10.018	48	2.103	5.884	-	350	26.480	4.179	1.647	-	5	-	-	-	183.419
2012	10.525	3.558	3	18.913	73.823	34.569	8.310	55	2.274	5.859	-	279	35.904	4.519	1.691	-	5	-	-	-	200.340
2013	13.014	4.345	5	18.919	81.850	36.493	8.958	382	3.909	5.069	-	388	36.349	4.939	1.529	-	-	-	-	-	216.190
2014	11.164	4.285	7	21.862	90.012	38.800	9.117	51	3.998	5.753	-	418	36.477	4.981	1.595	-	-	-	-	-	228.556
2015	10.005	4.392	5	18.859	96.756	39.316	5.907	1.233	3.736	5.656	-	633	40.045	5.330	2.090	-	4	-	-	-	233.984
2016	13.886	3.958	9	19.122	98.262	42.377	3.745	2.451	4.791	6.698	12	586	43.411	5.832	2.767	-	6	-	-	-	247.919
2017	12.425	4.096	6	16.453	105.778	38.468	4.117	82	6.207	8.668	23	2.110	46.894	5.704	3.002	35	-	-	-	-	254.658
2018	10.729	4.013	5	15.019	114.398	39.017	5.357	157	6.099	10.006	15	2.410	50.220	4.946	3.841	41	188	-	-	-	267.083
2019	9.877	4.110	5	9.053	123.376	37.758	3.213	6.151	6.669	9.990	49	1.403	55.201	5.396	5.577	266	482	219	126	21	278.942
2020	11.949	4.186	6	5.601	114.793	30.098	2.414	8.646	7.506	11.377	120	1.129	67.553	4.045	4.028	613	473	195	102	17	274.851

**Tabel 4. 11. Produksi Listrik OffGrid Berdasarkan Sumber Energi 2018-2020, sebelum tahun 2018 data belum tersedia (Sumber: ESDM, 2020)**

OFF GRID									
	Hydro PP	Mycro Hidro	Solar PP + PV	Wind PP	Biomass PP	Biogas PP	Hybrid PP	Solar Power Public Street	Grand Total
2018	4.785	24	56	2	11.325	478	5	5	283.776
2019	4.579	36	44	2	11.329	492	5	6	295.449
2020	4.834	139	28	2	11.360	716	5	8	291.956

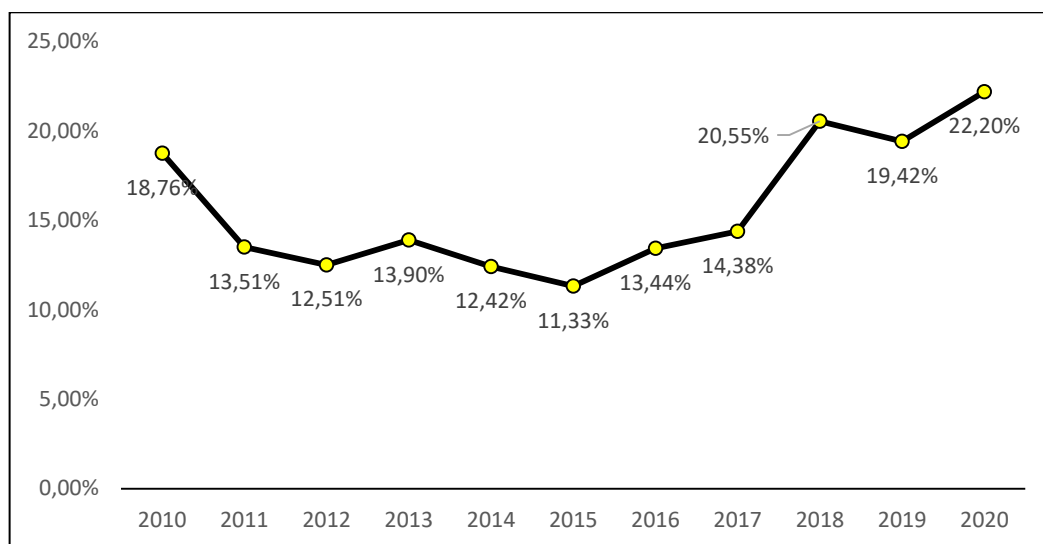
Produksi listrik dengan sumber bahan bakar fosil masih dominan dalam 3 tahun terakhir dengan kisaran 80-an persen, namun telah terjadi perubahan secara bertahap dimana persentase produksi listrik berbasis energi terbarukan mulai meningkat dari 16% ke 18% pada tahun 2020.



**Gambar 4. 5. Pangsa Produksi Listrik bersumber Energi Terbarukan dan Fosil 2018-2020 (diolah dari HEESI ESDM 2020)**

Persentase energi terbarukan apabila dibandingkan dengan fosil dalam pada produksi listrik ialah 22,20%, atau naik sekitar 3% dari tahun 2019. Angka ini merupakan persentase tertinggi dalam 10 tahun terakhir.

Gambar 4.6 menunjukkan perbandingan produksi listrik dari sumber energi terbarukan terhadap sumber energi fosil.



**Gambar 4. 6 Grafik Perbandingan Produksi Listrik bersumber energi terbarukan terhadap Energi Fosil (Sumber: diolah dari HEESI ESDM, 2020)**

#### 4.2.3. Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik

Pada Peraturan Menteri ESDM No 9 Tahun 2020 tentang Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) disebutkan bahwa dalam melakukan pengusahaan tenaga listrik, PT PLN (Persero) harus melaksanakan dan meningkatkan efisiensi penyediaan tenaga listrik pada pembangkit tenaga listrik dan juga jaringan tenaga listrik. Pada pembangkit tenaga listrik efisiensi mengacu pada *Specific Fuel Consumption* (SFC), yang merupakan penggunaan bahan bakar spesifik yang dibutuhkan oleh suatu unit pembangkitan untuk menghasilkan 1 kWh energi listrik bruto. Pada sisi lainnya, yaitu jaringan listrik, efisiensi dilihat dari susut jaringan, yang merupakan selisih energi (kWh) antara energi yang diterima di sisi penyaluran dengan energi yang terjual ke pelanggan setelah dikurangi dengan energi yang digunakan untuk keperluan sendiri di penyaluran dan pendistribusian energi listrik.

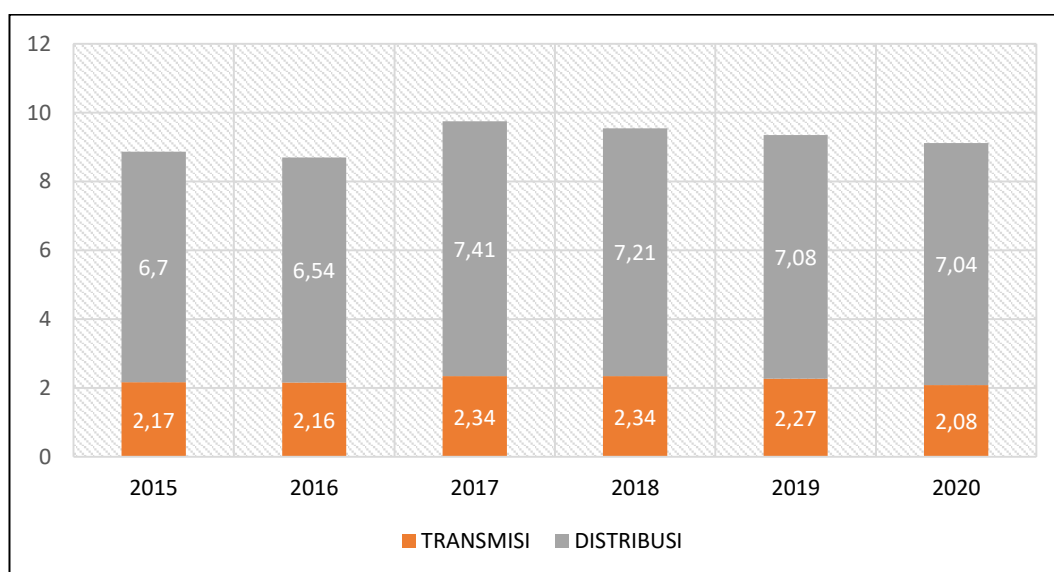
Pada tahun 2020, SFC pada PLTU memiliki angka sekitar 0,4861-0,8938 kg per kWh, untuk yang pembangkit dengan sumber energi primer gas memiliki angka sekitar 0,0089-0,0115 MMBTU per kWh, dan untuk yang berenergi primer BBM berkisar 0,2493-0,3106 liter per kWh dengan rincian pada Tabel 4.12. Semakin kecil angka SFC, maka biaya pembangkitan akan semakin murah dan akan menjadi lebih efisien.

**Tabel 4. 12. Realisasi SFC 2020 dan Target 2021 dengan katagori berdasarkan Permen ESDM No 9 Tahun 2020 (Sumber : Ditjen Gatrik, 2021)**

No	Energi Primer	Jenis Pembangkit dan Kapasitas (MW)	Realisasi SFC (2020)	Target SFC (2021)	Unit
1	Batubara	1. PLTU Batubara Kap < 100 MW	0.8938	0.8887	Kg/kWh
		2. PLTU Batubara 100 ≤ Kap ≤ 400 MW	0.613	0.5767	
		3. PLTU Batubara Kap > 400 MW	0.4861	0.5045	
2	Gas	4. PLTG/U Gas Kap < 100 MW	0.0115	0.0109	MMBTU/kWh
		5. PLTG/U Gas Kap ≥ 100 MW	0.0111	0.0112	
		6. PLTGU Gas Kap < 300 MW	0.0079	0.009	
		7. PLTGU Gas Kap ≥ 300 MW	0.0081	0.0086	
		8. PLTMG Gas Kap < 10 MW	0.0091	0.0091	
		9. PLTMG Gas Kap ≥ 10 MW	0.0089	0.009	
3	BBM (+BBN)	10. PLTD Minyak Kap < 0,5 MW	0.3106	0.3234	Liter/kWh
		11. PLTD Minyak 0,5 ≤ Kap ≤ 2 MW	0.2751	0.274	
		12. PLTD Minyak Kap > 2 MW	0.2619	0.246	
		13. PLTU Minyak Kap ≥ 5 MW	0.2488	0.4308	
		14. PLTG/GU/MG Minyak Kap < 10 MW	0.2446	0.2507	
		15. PLTG/GU/MG Minyak Kap ≥ 10 MW	0.2493	0.2933	

Sementara itu, apabila dilihat dari perubahan dari energi primer bertransformasi menjadi energi final berdasarkan model pada RUEN, efisiensi PLTU berkisar antara 30-36%, *Ultra Super Critical* PLTU memiliki efisiensi berkisar antara 40-42%, PLTD memiliki efisiensi 33% dan PLTP kurang lebih 33%.

Pada jaringan listrik, telah terjadi perbaikan pada susut jaringan dalam 3 tahun kebelakang, yang mengarah menjadi lebih efisien. Susut jaringan pada tahun 2018, untuk jaringan transmisi adalah 2,34 dan susut jaringan distribusi adalah 7,21. Pada tahun 2020 sudah menjadi lebih baik, dimana susut jaringan transmisi sebesar 2,08 dan jaringan distribusi sebesar 7,04. Tren perbaikan susut jaringan tercantum pada gambar 4.7.



**Gambar 4. 7. Susut Jaringan Transmisi dan Distribusi 2015-2020 (Sumber: ESDM)**

#### 4.2.4. Teknologi

Perkembangan teknologi semakin pesat disegala sektor tak terkecuali energi. Teknologi yang digunakan dan terus dikembangkan saat ini adalah teknologi yang ramah lingkungan untuk menciptakan *sustainability* energi. Selain itu, agar ketahanan energi nasional semakin

kuat komponen teknologi yang digunakan dapat memaksimalkan tingkat komponen dalam negeri.

Teknologi ramah lingkungan merupakan penggunaan teknologi yg metode pelaksanaannya mengacu dalam wawasan buat mencapai tujuan dan memperhatikan kaidah-kaidah lingkungan disekitarnya, sebagai akibatnya sebagai latar belakang lahirnya bermacam teknologi terapan yang kondusif & bersahabat menggunakan makhluk hayati juga alam sekitar. Banyak contoh teknologi ramah lingkungan yang sudah dimanfaatkan di Indonesia, antara lain: (1) kincir angin atau Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), dengan memanfaatkan angin untuk menggerakkan baling-baling kemudian menghasilkan listrik yang digunakan untuk berbagai keperluan, salah satu PLTB yang sudah beroperasi di Indonesia adalah di Sidrap, Sulawesi Selatan; (2) Biogas, merupakan pemanfaatan kotoran hewan sebagai sumber energi, sehingga dapat dimanfaatkan hasilnya dalam bentuk listrik. Biogas ini menjadi salah satu teknologi ramah lingkungan dalam pengelolaan limbah; (3) Kendaraan listrik, dalam menghadapi tantangan dimana energi fosil kian menipis, muncul salah satu inovasi kendaraan ramah lingkungan, yaitu kendaraan listrik. Dengan menggunakan listrik, kendaraan ini didisign agar tidak mengeluarkan emisi yang merusak lingkungan, sangat berbanding terbalik dengan kendaraan yang menggunakan BBM. Berdasarkan pernyataan Kemenhub jumlah kendaraan listrik yang sudah per November 2021 mencapai 14.400 unit; (4) Panel surya, merupakan perangkat yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi listrik. Inovasi hemat energi ini sering disebut sel photovoltaic. Sel ini bergantung pada efek photovoltaic untuk menyerap energi matahari sehingga nantinya kan menghasilkan listrik. Pemanfaatan panel surya saat ini semakin masif dan juga membuat lebih hemat energi. Panel Surya *Rooftop* per Oktober 2021 telah terpasang 54.73 MW.; (5) BBN, pemanfaatan bahan bakar nabati juga bertujuan untuk mengurangi penggunaan BBM yang lebih mencemari lingkungan. Selain itu, pemanfaatan BBN didukung oleh produksi BBN nasional yang terus

meningkat setiap tahunnya. Sementara itu realisasi pemanfaatan biofuel di Indonesia hingga Oktober 2021 telah mencapai 7.467,77 ribu KL dari target 9.200 ribu KL

Selain itu penggunaan teknologi juga harus tetap menggunakan tingkat kandungan dalam negeri (TKDN), agar komponen teknologi dalam negeri dapat dimanfaatkan dan memberikan dampak positif terhadap lingkungan industri dalam negeri. Hal ini telah diamanatkan pada Peraturan Pemerintah No 29 Tahun 2018 tentang Pemberdayaan Industri. Beberapa tujuan penggunaan TKDN antara lain:

1. Untuk meningkatkan penggunaan produksi dalam negeri
2. Untuk meningkatkan utilisasi nasional yang tujuan akhirnya dapat meningkatkan efisiensi industri agar mampu bersaing di pasar dunia
3. Meningkatkan lapangan pekerjaan
4. Dapat menghemat devisa negara
5. Untuk mengurangi ketergantungan terhadap produk asing melalui pengoptimalan belanja pemerintah.

Penggunaan tingkat kandungan dalam negeri (TKDN) untuk teknologi pada sektor pembangkitan masih cukup rendah, masih dibawah 65%. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi kita masih sangat tergantung dari komponen luar negeri.

**Tabel 4. 13 TKDN Pembangkit Listrik 2014-2020 (Sumber: ESDM, 2020)**

	PLTU Kelas < 15 MW	PLTU Kelas 15 s.d. 25 MW	PLTU kelas 25 s.d. 100 MW	PLTU kelas 100 s.d. 600 MW	PLTU > 600 MW	PLTG s.d 100 MW	PLTGU kelas <300 MW	PLTGU kelas > 300 MW	PLTB	PLTS	PLTA	PLT Bio	PLTP
2014	61%	49%	39%	26%				29%					
2015	50%	49%	56%	35%									
2016	69%	57%	35%	35%	33%		35%						
2017	70%	66%	51%	41%	17%		41%						
2018	63%	51%	41%	33%	17%								
2019	70%	60%	48%	37%	33%			29%					
2020	61%	70%	49%	27%	30%	39%	33%	16%	29%	47%	74%	52%	54%

Sementara itu pada sektor migas, TKDN sisi hulu secara pada tahun 2020 secara kumulatif hanya 57%, pada sisi hilir TKDN jargas mencapai 69,85% , konverter kit nelayan berjumlah 46% dan konverter kit petani memiliki persentase 79,36%.

#### **4.2.5. Luasan Hutan**

Luasan Hutan merupakan salah satu indikator sustainability energi, karena hutan merupakan komponen penting untuk menyerap CO<sub>2</sub> secara masif dan Indonesia merupakan negara yang memiliki luasan hutan yang sangat besar. *Net zero emission* (NZE) dapat tercapai apabila CO<sub>2</sub> yang dihasilkan sama dengan yang diserap. Komponen penting untuk menyerap CO<sub>2</sub> tersebut adalah hutan.

Dikutip dari BPS, dataran luas kawasan hutan pada tahun 2019 berjumlah 120,49 juta Ha mengalami penurunan dibandingkan tahun 2018 yang berjumlah 120,59 juta Ha. Data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menunjukkan luas deforestasi di Indonesia selama periode 2019-2020 mengalami penurunan sebesar 75% atau 115.500 hektar dibandingkan tahun lalu 2018-2019 yang mencapai 462.5000 hektar. Meskipun belum ada data pasti berapa emisi CO<sub>2</sub> yang bisa diserap oleh hutan di Indonesia secara keseluruhan, namun secara umum hutan merupakan komponen utama yang menyerap emisi CO<sub>2</sub> secara masif.

Angka deforestasi mengalami peningkatan jika dibandingkan periode tahun 2017-2018 dengan angka 439,4 ribu hektar, kemudian pada tahun 2016-2017 meningkat menjadi 480 ribu hektar dan pada periode 2015-2016, yang merupakan deforestasi paling tinggi dalam enam tahun terakhir, yaitu 629,2 ribu hektar. Apabila dijumlah, dalam enam tahun terakhir, angka deforestasi berjumlah 2,1 juta ha.

Berdasarkan laporan inventarisasi GRK sektor kehutanan KLHK, aksi mitigasi sektor kehutanan dalam upaya reduksi emisi dan/atau serapan GRK pada tahun 2019 mereduksi emisi GRK sebesar 165 juta ton CO<sub>2</sub>e.

Kegiatan yang berkontribusi terbesar dari pengendalian kebakaran gambut (*peat fire*).

### **4.3 Hasil Pengolahan Data**

Hasil pengolahan data dalam penelitian ini berupa pembobotan dan penilaian (*scoring*).

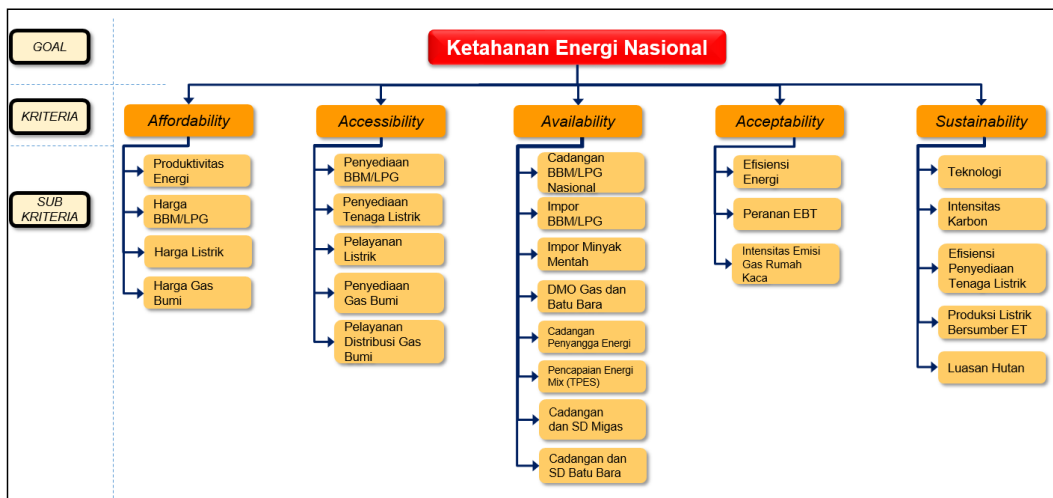
#### **4.3.1. Pembobotan Indikator**

Pembobotan indikator pada dimensi sustainability ini menggunakan metode AHP (Analytical Hierarchy Process). Metode ini dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 1970-an, merupakan salah satu model pengambilan keputusan multikriteria yang dapat membantu kerangka berfikir manusia di mana faktor logika, pengalaman, pengetahuan, emosi dan rasa dioptimalisasikan ke dalam suatu proses sistematis. Dalam penelitian ini, indikator ketahanan energi merupakan kriteria yang dimaksud.

Tahapan pembobotan ini, yaitu :

1. Menyusun Hirarki
2. Pembobotan Kriteria dengan AHP
3. Pengujian konsistensi

Pada tahap awal, penyusunan hirarki dilakukan untuk menjelaskan masalah secara terstruktur dan mudah dipahami. Hierarki ketahanan energi nasional ditunjukkan pada Gambar 4.8.



**Gambar 4. 8. Hirarki Ketahanan Energi Nasional**

Penentuan bobot kriteria menggunakan kuesioner yang diisi oleh expert pada sektor energi dengan matrik berpasangan antar kriteria seperti pada Tabel 4.14 pada contoh kuesioner khusus untuk dimensi *sustainability*. Namun, dengan memanfaatkan teknologi pengisian kuesioner menggunakan google form untuk mempersingkat waktu dan menjangkau responden pada tautan <https://forms.gle/7Vr8ahLwrffJz6Rp7>. Tampilan *google form* dapat dilihat pada Gambar 4.9.

**Tabel 4. 14. Tabel Isian Kuesioner AHP Manual**

Variabel 1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Variabel 2
(S1) Intensitas Karbon																		(S2)Produksi Listrik Bersumber ET
(S1) Intensitas Karbon																		(S3) Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik
(S1) Intensitas Karbon																		(S4) Teknologi
(S1) Intensitas Karbon																		(S5) Luasan Hutan
(S2)Produksi Listrik Bersumber ET																		(S3) Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik
(S2)Produksi Listrik Bersumber ET																		(S4) Teknologi
(S2)Produksi Listrik Bersumber ET																		(S5) Luasan Hutan
(S3) Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik																		(S4) Teknologi
(S3) Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik																		(S5) Luasan Hutan
(S4) Teknologi																		(S5) Luasan Hutan

(S1) Intensitas CO2 atau (S2) Produksi Listrik Energi Bersumber Energi Terbarukan *										
	Tidak	9	8	7	6	5	4	3	2	1
(S1) Int...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(S2) Pr...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

---

(S1) Intensitas CO2 atau (S3) Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik *										
	Tidak	9	8	7	6	5	4	3	2	1
(S1) Int...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(S3) Efi...	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Gambar 4. 9. Model Pengisian Kuesioner AHP menggunakan Google Form**

Setelah mendapatkan hasil pengisian dari responden untuk mempermudah pengolahan data peneliti menggunakan *website AHP calculator*, untuk mendapatkan bobot persentase dari masing-masing indikator. Pengisian pada website tersebut dilakukan dengan menginput kriteria atau indikator, kemudian mengisi sesuai jawaban dari responden. Setelah dikalkulasi akan menghasilkan *output* berupa persentase bobot.

Setelah mendapatkan hasilnya, dilakukan pengecekan terhadap indeks konsistensi dari hasil pengisian kuesioner tersebut. Bobot dapat dianggap valid apabila indeks konsistensinya kurang dari 0,1 atau 10%. Pada contoh Gambar 4.10 pengisian salah satu responden indeks konsistensinya 0,2%.

Pembobotan dengan menggunakan AHP ini, mengacu pada referensi yang dilakukan oleh DEN dalam penilaian ketahanan energi dengan menggunakan 4A.

A - wrt AHP priorities - or B?		Equal	How much more?								
1	<input checked="" type="radio"/> Intensitas Karbon	<input type="radio"/> Produksi Listrik Bersumber Energi Terbarukan	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
2	<input checked="" type="radio"/> Intensitas Karbon	<input type="radio"/> Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
3	<input checked="" type="radio"/> Intensitas Karbon	<input type="radio"/> Teknologi	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
4	<input checked="" type="radio"/> Intensitas Karbon	<input type="radio"/> Luasan Hutan	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
5	<input checked="" type="radio"/> Produksi Listrik Bersumber Energi Terbarukan	<input type="radio"/> Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
6	<input type="radio"/> Produksi Listrik Bersumber Energi Terbarukan	<input checked="" type="radio"/> Teknologi	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
7	<input checked="" type="radio"/> Produksi Listrik Bersumber Energi Terbarukan	<input type="radio"/> Luasan Hutan	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
8	<input type="radio"/> Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik	<input checked="" type="radio"/> Teknologi	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
9	<input checked="" type="radio"/> Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik	<input type="radio"/> Luasan Hutan	<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
10	<input checked="" type="radio"/> Teknologi	<input type="radio"/> Luasan Hutan	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input checked="" type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9

CR = 0% Please start pairwise comparison

AHP Scale: 1- Equal importance, 3- Moderate importance, 5- Strong importance, 7- Very strong importance, 9- Extreme importance (2,4,6,8 values in-between).

Cat	Priority	Rank	(+)	(-)	
1	Intensitas Karbon	32.8%	2	1.3%	1.3%
2	Produksi Listrik Bersumber Energi Terbarukan	10.9%	3	0.4%	0.4%
3	Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik	10.9%	3	0.4%	0.4%
4	Teknologi	34.9%	1	3.7%	3.7%
5	Luasan Hutan	10.4%	5	1.0%	1.0%

Number of comparisons = 10  
Consistency Ratio CR = 0.2%

	1	2	3	4	5
1	1	3.00	3.00	1.00	3.00
2	0.33	1	1.00	0.33	1.00
3	0.33	1.00	1	0.33	1.00
4	1.00	3.00	3.00	1	4.00
5	0.33	1.00	1.00	0.25	1

**Gambar 4. 10.** Contoh Penggunaan AHP Calculator pada website <https://bpmsg.com/ahp/ahp-calc.php>

Dari hasil pengolahan data tersebut didapatkan bobot dari masing-masing indikator yaitu:

1. Intensitas Karbon : 20,5%
2. Produksi Listrik dari Sumber Energi Terbarukan : 15,1%
3. Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik : 17,5%
4. Teknologi, : 33,08%
5. Luasan hutan : 13,93%

#### 4.3.2. Pengukuran Dimensi *Sustainability*

Penilaian dimensi sustainability didapatkan dari jumlah nilai masing-masing indikator dikalikan dengan bobot. Penilaian dilakukan oleh *expert* pada bidang energi, mencakup stakeholder kementerian bidang energi, badan usaha sektor energi, serta yang telah meneliti mengenai ketahanan energi.

$$S = (S1 \times B1) + (S2 \times B2) + (S3 \times B3) + (S4 \times B4) + (S5 \times B5)$$

S = Nilai Dimensi Sustainability  
 S1, S2, S3, S4, S5 = Nilai Indikator S1, S2, S3, S4, S5  
 B1, B2, B3, B4, B5 = Bobot dari Indikator 1,2,3,4,5

**Gambar 4. 11. Formulasi Perhitungan Dimensi Sustainability**

	10	9	8	7	6	5	4	3	2
(S1) Intensitas CO2/GDP	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(S2) Produksi Listrik Energi Terbarukan per Fosil	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(S3) Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(S4) Teknologi	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(S5) Luasan Hutan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Gambar 4. 12. Contoh Isian Untuk Penilaian Dimensi Sustainability**

Sejalan dengan pengisian bobot, penilaian indikator ini menggunakan google form yang dapat diakses pada tautan <https://forms.gle/YktZbD5b277yGL2q6>. Responden akan menilai masing-masing indikator dengan didukung data yang kami sampaikan ataupun data

yang dimiliki oleh Bapak/Ibu. Skala nilai adalah 1-10, juga mengacu pada Buku Ketahanan Energi 2019, dengan kriteria kondisi:

- Nilai (0 - 1,99) = memiliki kondisi yang “Sangat Rentan”,
- Nilai (2 - 3,99) = memiliki kondisi yang “Rentan”,
- Nilai (4 - 5,99) = memiliki kondisi yang “Kurang Tahan”,
- Nilai (6 - 7,99) = memiliki kondisi yang “Tahan”,
- Nilai (8 - 10) = memiliki kondisi yang Sangat tahan,

Dari hasil penilaian yang dilakukan oleh expert didapat bahwa nilai indikator (S1) intensitas karbon 6,80, (S2) Produksi listrik bersumber energi terbarukan 5,60, (S3) Efisiensi penyediaan tenaga listrik 6,40, (S4) teknologi 6,60; dan (S5) Luasan Hutan 6,80. Dari hasil tersebut didapatkan nilai dimensi sustainability adalah 6,48.

#### **4.4 Hasil Analisis Data**

Analisis data pada penelitian ini bersifat deskriptif kualitatif melalui hasil penilaian yang telah dilakukan. Berdasarkan literasi dan wawancara yang dilakukan pada tahapan awal penentuan indikator yang relevan pada dimensi sustainability berkaitan dengan performa lingkungan, ekonomi, *society* dan perkembangan teknologi. Indikator *sustainability* pada penelitian kali adalah:

- (1) Intensitas karbon, yang erat kaitannya dengan lingkungan dan ekonomi
- (2) Produksi listrik bersumber energi terbarukan, berkaitan erat dengan kehidupan sehari-hari, dapat dikategorikan pada *society*, juga mencakup perkembangan teknologi.
- (3) Efisiensi penyediaan tenaga listrik, erat kaitannya dengan ekonomi dan juga perkembangan teknologi.
- (4) Teknologi, sangat jelas bahwa teknologi saat ini merupakan kunci dari *sustainability* energi

(5) Luasan hutan, berkaitannya dengan performa lingkungan

Bobot paling besar dalam pengukuran *sustainability* adalah teknologi, menandakan bahwa energi akan berkelanjutan (*sustain*) dalam jangka waktu yang lama apabila teknologi terus berkembang, khususnya yang ramah lingkungan dan menggunakan komponen dalam negeri.

Apabila dilihat dari nilai dimensi *sustainability*, intensitas karbon Indonesia sudah cukup dengan nilai 6,8 atau termasuk dalam katagori tahan. Jika dibandingkan dengan negara-negara lain nilai intensitas karbon Indonesia relatif rendah dengan 0,192 kgCO<sub>2</sub>e per PPP \$ GDP (constant 2017). Pada indikator kedua, produksi listrik energi terbarukan memiliki nilai 5,60 atau kurang tahan, saat ini masih relatif rendah apabila dibandingkan dengan yang bersumber energi fosil, dengan perbandingan 22,20%. Namun, dilihat dari beberapa tahun kebelakang produksi listrik dari energi terbarukan terus meningkat dan didukung oleh kebijakan pemerintah seperti Rencana Umum Energi Nasional dan NZE 2060.

Indikator ketiga, efisiensi penyediaan tenaga listrik memiliki nilai 6,40 atau dalam katagori tahan. Regulasi dari efisiensi penyediaan tenaga listrik, yaitu Permen ESDM no 9 Tahun 2020 saat ini baru berjalan 1 tahun dengan menggunakan SFC pada efisiensi pembangkit dan susut pada efisiensi jaringan. Pada PLTU dengan kapasitas kurang dari 100 MW, SFC masih tinggi. Semakin besar kapasitas pembangkitnya nilai SFC semakin rendah, maka akan lebih efisien dan BPP akan semakin rendah. Susut jaringan terus mengalami tren yang positif dalam kurun waktu 3 tahun terakhir. Pada tahun 2018, susut jaringan transmisi memiliki angka 2,34 dan susut jaringan pada distribusi memiliki nilai 7,21 telah menjadi lebih baik pada tahun 2020 dimana susut jaringan transmisi menjadi 2,08 dan susut jaringan distribusi menjadi 7,04. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan listrik terus berupaya memberikan keberlanjutan pasok dengan lebih efisien.

Indikator teknologi memiliki nilai 6,60 atau katagori tahan, meskipun penggunaan teknologi ramah lingkungan masih relatif rendah. Namun, kebijakan pemerintah terus berupaya untuk mengaplikasikan teknologi ramah lingkungan pada masyarakat seperti kendaraan listrik dan solar panel. Perlu diperhatikan, penciptaan industri hulu hingga hilir teknologi tersebut akan dapat meningkatkan penggunaan TKDN dan menumbuhkan perekonomian Indonesia baik langsung ataupun secara tidak langsung, seperti menciptakan lapangan pekerjaan.

Indikator terakhir luasan hutan memiliki nilai 6,80 atau dalam katagori tahan, menunjukkan bahwa hutan Indonesia masih sangat luas dan masih dapat berfungsi sebagai sumber utama penyerap CO<sub>2</sub>, meskipun peneliti belum dapat memastikan angka penyerapan CO<sub>2</sub> oleh hutan di Indonesia. Data KLHK memperlihatkan bahwa luas deforestasi Indonesia periode 2019 - 2020 telah menurun secara signifikan hingga 75 persen, atau sekitar 115 ribu hektar, dibandingkan periode 2018-2019 yang mencapai 462 ribu hektar.

Secara keseluruhan *sustainability* energi indonesia telah berjalan kearah yang lebih baik, tinggal realisasi pelaksanaan kebijakan energi sesuai rencana agar memasikan energi tetap *sustainable* dan ketahanan energi terus meningkat.

#### **4.5 Interpretasi Data**

Pada subbab ini, hasil dari analisis data dijadikan acuan guna mendapatkan dari tujuan penelitian. Tujuan untuk menentukan indikator pada dimensi sustainability telah terjawab oleh 5 indikator diatas yang berkaitan dengan performa lingkungan, ekonomi, *society* dan perkembangan teknologi. Nilai dimensi sustainability adalah 6,48 menunjukkan kondisi tahan.

Kemudian peneliti melakukan pengolahan data pengukuran ketahanan energi dengan konsep 4A kemudian dibandingkan dengan apabila ditambahkan dimensi *sustainability* menggunakan nilai dari

penelitian dengan pembobotan dan pengukuran ulang. Hasil yang pengukuran yang didapatkan dengan menggunakan dimensi 4A adalah 6,3 atau dalam kondisi tahan.

Sementara itu, bila ditambahkan dimensi *sustainability*, maka indeks ketahanan energi nasional adalah 6,34, rinciannya dapat dilihat pada Tabel 4.16. Nilai ketahanan energi mengalami peningkatan sebesar 0.04 point ketika ditambahkan dimensi *sustainability*. Hal tersebut menunjukkan bahwa dimensi *sustainability* berpengaruh positif dalam indeks ketahanan energi.

**Tabel 4. 15. Penilaian Ketahanan Energi dengan Konsep 4A**

ASPEK	BOBOT	INDIKATOR		BOBOT	NILAI	NILAI X BOBOT
<b>AFFORDABILITY</b>	22.00%	PRODUKTIFITAS ENERGI	42.40%	9.33%	7.18	<b>0.67</b>
		HARGA BBM	22.70%	4.99%	6.81	<b>0.34</b>
		HARGA LISTRIK	22.70%	4.99%	6.74	<b>0.34</b>
		HARGA GAS BUMI	12.20%	2.68%	6.62	<b>0.18</b>
<b>ACCESSIBILITY</b>	20.10%	PENYEDIAAN BBM DAN LPG	32.80%	6.59%	6.25	<b>0.41</b>
		PENYEDIAAN TENAGA LISTRIK	30.90%	6.21%	6.91	<b>0.43</b>
		PELAYANAN LISTRIK	17.40%	3.50%	5.67	<b>0.20</b>
		PENYEDIAAN GAS BUMI	9.70%	1.95%	6.47	<b>0.13</b>
		PELAYANAN DISTRIBUSI GAS BUMI	9.20%	1.85%	5.92	<b>0.11</b>
<b>AVAILABILITY</b>	46.00%	CADANGAN BBM & LPG NASIONAL	23.40%	10.76%	6.13	<b>0.66</b>
		CADANGAN PENYANGGA ENERGI	4.90%	2.25%	2.97	<b>0.07</b>
		IMPOR BBM & LPG	5.70%	2.62%	5.78	<b>0.15</b>
		IMPOR MINYAK MENTAH	12.50%	5.75%	6.26	<b>0.36</b>
		DMO GAS DAN BATUBARA	8.60%	3.96%	6.70	<b>0.27</b>
		PENCAPAIAN BAURAN ENERGI	23.70%	10.90%	6.24	<b>0.68</b>
		CADANGAN DAN SUMBER DAYA MIGAS	14.30%	6.58%	5.63	<b>0.37</b>
		CADANGAN DAN SUMBER DAYA BATUBARA	5.90%	2.71%	7.10	<b>0.19</b>
<b>ACCEPTABILITY</b>	11.90%	EFISIENSI ENERGI	40.00%	4.76%	6.75	<b>0.32</b>
		PERANAN EBT	40.00%	4.76%	5.68	<b>0.27</b>
		PENURUNAN EMISI GRK	20.00%	2.38%	6.95	<b>0.17</b>
<b>NILAI KETAHANAN ENERGI (4A)</b>						<b>6.30</b>

**Tabel 4. 16 Penilaian Ketahanan Energi dengan Konsep 4A+1S dan Equal Weighting pada Bobot Dimensi**

ASPEK	BOBOT	INDIKATOR		BOBOT	NILAI	NILAI X BOBOT
<b>AFFORDABILITY</b>	12.80%	PRODUKTIFITAS ENERGI	42.40%	5.43%	7.18	<b>0.39</b>
		HARGA BBM	22.70%	2.91%	6.81	<b>0.20</b>
		HARGA LISTRIK	22.70%	2.91%	6.74	<b>0.20</b>
		HARGA GAS BUMI	12.20%	1.56%	6.62	<b>0.10</b>
<b>ACCESSIBILITY</b>	18.10%	PENYEDIAAN BBM DAN LPG	32.80%	5.94%	6.25	<b>0.37</b>
		PENYEDIAAN TENAGA LISTRIK	30.90%	5.59%	6.91	<b>0.39</b>
		PELAYANAN LISTRIK	17.40%	3.15%	5.67	<b>0.18</b>
		PENYEDIAAN GAS BUMI	9.70%	1.76%	6.47	<b>0.11</b>
<b>AVAILABILITY</b>	31.90%	PELAYANAN DISTRIBUSI GAS BUMI	9.20%	1.67%	5.92	<b>0.10</b>
		CADANGAN BBM & LPG NASIONAL	23.40%	7.46%	6.13	<b>0.46</b>
		CADANGAN PENYANGGA ENERGI	4.90%	1.56%	2.97	<b>0.05</b>
		IMPOR BBM & LPG	5.70%	1.82%	5.78	<b>0.11</b>
		IMPOR MINYAK MENTAH	12.50%	3.99%	6.26	<b>0.25</b>
		DMO GAS DAN BATUBARA	8.60%	2.74%	6.70	<b>0.18</b>
<b>ACCEPTABILITY</b>	9.70%	PENCAPAIAN BAURAN ENERGI	23.70%	7.56%	6.24	<b>0.47</b>
		CADANGAN DAN SUMBER DAYA MIGAS	14.30%	4.56%	5.63	<b>0.26</b>
		CADANGAN DAN SUMBER DAYA BATUBARA	5.90%	1.88%	7.10	<b>0.13</b>
		EFISIENSI ENERGI	40.00%	3.88%	6.75	<b>0.26</b>
<b>SUSTAINABILITY</b>	27.50%	PERANAN EBT	40.00%	3.88%	5.68	<b>0.22</b>
		PENURUNAN EMISI GRK	20.00%	1.94%	6.95	<b>0.13</b>
		Intensitas Karbon	20.50%	5.64%	6.80	<b>0.38</b>
		Produksi Listrik Bersumber ET	15.10%	4.15%	5.60	<b>0.23</b>
		Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik	17.50%	4.81%	6.40	<b>0.31</b>
		Teknologi	33.08%	9.10%	6.60	<b>0.60</b>
		Luasan Hutan	13.83%	3.80%	6.80	<b>0.26</b>
<b>NILAI KETAHANAN ENERGI (4A+1S)</b>						<b>6.34</b>

#### 4.6 Pembahasan

Secara garis besar penelitian ini terbagi dalam tiga tahapan, yaitu penentuan indikator, pembobotan dan pengukuran indeks ketahanan energi. Pada tahap pertama indikator yang telah dikumpulkan dari berbagai referensi dilakukan seleksi untuk menentukan indikator yang relevan bagi dimensi sustainability dalam pengukuran indeks ketahanan energi.

Sesuai dengan teori *sustainability*, indikator pengukuran pada dimensi sustainability berkaitan dengan performa lingkungan, ekonomi, *society* dan perkembangan teknologi. Dari referensi lebih dari 20 indikator untuk *sustainability* yang terlampir pada tabel 4.3, dipilih 5 indikator yang

relevan dengan kondisi di Indonesia dan juga tidak duplikasi dengan indikator yang ada pada dimensi 4A melalui wawancara dan masukan dari narasumber. Kelima indikator tersebut yaitu: (1) intensitas karbon, (2) produksi listrik bersumber energi terbarukan, (3) efisiensi penyediaan tenaga listrik, (4) teknologi dan (5) luasan hutan. Dalam pengukuran yang dilakukan nilai *sustainability* adalah 6,34 atau dalam katagori tahan.

Apabila dimensi *sustainability* akan dihitung dalam pengukuran ketahanan energi nasional dengan melakukan pembobotan ulang pada dimensi dan indikator lainnya, maka akan berpengaruh positif pada indeks ketahanan energi sebesar 0,04. Setiap indikator memiliki peran dalam penguatan *sustainability* energi

Teknologi yang memiliki nilai 6,60 memiliki bobot paling besar disebabkan setiap elemen kehidupan saat ini sangat bergantung pada teknologi, tidak terkecuali energi untuk menciptakan energi yang berkelanjutan. Oleh sebab itu, pemerintah dan badan usaha yang bergerak disektor energi perlu terus mengembangkan teknologi agar dapat menjaga energi tetap *sustain*, juga didukung dengan pemanfaatan komponen dalam negeri agar memberikan dampak ekonomi kepada masyarakat. Pemanfaatan teknologi ramah lingkungan sudah dicanangkan dalam RUEN dan Grand Strategi Energi Nasional. Kebijakan-kebijakan tersebut sudah dibuat sedemikian rupa agar bauran EBT pada tahun 2025 tercapai 23% dan juga *Net Zero Emission* tercapai di Indonesia pada tahun 2060. Pengembangan teknologi ramah lingkungan sektor energi dalam negeri diharapkan membuat Indonesia jadi pemain global dalam hal teknologi energi ramah lingkungan, seperti baterai yang digunakan untuk kendaraan listrik ataupun panel surya, mengingat potensi nikel sebagai bahan baku baterai di Indonesia sangat melimpah. Kontradiktif apabila Indonesia tidak mampu menguasai teknologi itu sendiri, mengakibatkan Indonesia hanya sebagai pasar bagi negara asing dalam memasarkan teknologi mereka.

Intensitas karbon yang memiliki nilai 6,80 erat kaitannya dengan emisi karbon dan lingkungan. Untuk meningkatkan nilai tersebut, perlu adanya reduksi dari emisi karbon atau meningkatkan GDP. Hal yang lebih realistis saat ini adalah meningkatkan GDP dan menahan laju pertumbuhan emisi karbon. Berbagai kebijakan telah direncanakan oleh pemerintah untuk mereduksi emisi dari sektor energi hingga 400 Mt CO<sub>2</sub> pada tahun 2030, antara lain:

1. Penggunaan pembangkit energi terbarukan (air, geothermal dan solar) untuk menggantikan PLTU
2. Co-Firing (Biomass)
3. Konversi diesel menjadi gas (skala besar)
4. Konversi diesel menjadi energi terbarukan (skala kecil)
5. *Carbon Capture Utilization and Storage (CCUS)*

Namun hal ini perlu komitmen dan pendanaan yang berkelanjutan agar benar-benar teralisasi sesuai dengan jadwal.

Efisiensi penyediaan tenaga listrik memiliki nilai 6,40, indikator ini erat kaitannya dengan teknologi penyediaan tenaga listrik itu sendiri. Perlu adanya *maintenance* atau *upgrade* secara berkala pada pembangkit atau jaringan agar penyaluran penyediaan tenaga listrik lebih efisien. Permasalahan utama dalam meningkatkan efisiensi penyediaan tenaga listrik selain teknologi adalah pendanaan. Hal ini perlu didalami secara matang oleh stakeholder terkait, mengingat penyediaan listrik saat ini seperti suatu hal yang sangat penting bagi masyarakat.

Produksi listrik bersumber energi terbarukan memiliki nilai 5,60 menjadi suatu peringatan bahwa penggunaan energi terbarukan pada pembangkitan masih cukup stagnan atau jalan ditempat.

Nilai ketahanan energi yang didapatkan adalah 6,34 atau dalam katagori tahan dalam skala penilaian. Untuk meningkatkan ketahanan

energi, khususnya pada dimensi *sustainability* perlu peningkatan pada penggunaan sumber energi terbarukan pada energi listrik, mengingat saat ini tren energi dunia mengarah ke energi bersih. Kemudian, penguasaan dan penggunaan teknologi ramah lingkungan harus terus digunakan agar terakselerasi dan lingkungan tetap bersih. Selain itu, perlu juga penggunaan komponen dalam negeri agar memberikan dampak ekonomi kepada masyarakat secara langsung maupun tidak langsung. Intensitas karbon dapat diturunkan apabila emisi karbon menurun atau PDB meningkat, salah satu cara untuk menurunkan emisi karbon adalah kebijakan memanfaatkan teknologi *carbon capture* atau menerapkan *carbon tax*. Sementara itu, hutan sebagai penyerap CO<sub>2</sub> utama harus tetap dijaga agar tidak terdeforestasi dengan cepat.

Mengingat energi merupakan salah satu komponen yang terkait pada 8 gatra kehanan nasional yang cukup krusial. Energi yang berkelanjutan akan mendukung pertahanan yang kuat.