

KETAHANAN ENERGI NASIONAL BERDASARKAN DIMENSI SUSTAINABILITY DALAM MEMPERKUAT PERTAHANAN NEGARA

ENERGY SECURITY BASED ON SUSTAINABILITY ASPECTS IN STRENGTHENING NATIONAL DEFENSE

Adil Fajar Widrian¹, Imam Supriyadi¹, Arifuddin Uksan¹

Ketahanan Energi Fakultas Manajemen Pertahanan Universitas Pertahanan RI
adilfajar@gmail.com, imam.supriyadi@idu.ac.id, arifuddinuksan123@gmail.com

Abstrak – Pengukuran indeks ketahanan energi yang sudah digunakan saat ini, seperti oleh DEN adalah dengan konsep 4A, atau mencakup *availability, accessibility, affordability, acceptability*. Pada prodi Ketahanan Energi konsep ketahanan energi adalah 4A + 1S, yaitu tambahan dimensi *sustainability*. Namun, hingga saat ini belum ada indikator terukur untuk mengukur dimensi *sustainability* tersebut sehingga penulis meneliti permasalahan ini dengan tujuan untuk: (1) menentukan indikator yang relevan pada dimensi *sustainability* dalam pengukuran ketahanan energi; (2) menganalisis kondisi keenergian nasional berdasarkan konsep ketahanan energi nasional tersebut; dan (3) menganalisis pengaruh *sustainability* dalam indeks ketahanan energi nasional. Metode penelitian yang digunakan adalah kualitatif dengan desain penelitian kuasi kualitatif. Secara umum, penelitian ini terdiri 3 tahapan yaitu penentuan indikator *sustainability*, pembobotan dengan menggunakan *Analytical Hierarchy Process (AHP)* dan penilaian indikator. Berdasarkan studi literatur dan diperkuat hasil wawancara *expert* di sektor energi, ditentukan indikator pada dimensi *sustainability* yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu: (1) intensitas karbon, (2) produksi listrik dari energi terbarukan, (3) efisiensi penyediaan tenaga listrik, (4) teknologi, (5) luasan hutan. Hasil pengukuran yaitu dengan konsep 4A+1S didapat adalah 6,34 atau dalam kondisi tahan dalam skala ketahanan energi. *Sustainability* memiliki pengaruh positif sebesar 0,04 dalam indeks ketahanan energi apabila dibandingkan dengan konsep 4A.

Kata Kunci: indeks ketahanan energi, ketahanan energi, *sustainability*, intensitas karbon, teknologi

Abstract– The measurement of the energy security index that has been used today, such as by the DEN is the 4A concept, or includes *availability, accessibility, affordability, acceptability*. In the Energy Security study program, the concept of energy security is 4A + 1S, which is an additional dimension of *sustainability*. However, until now there are no measurable indicators to measure the dimensions of *sustainability*, so the authors examine this problem with the aim of: (1) determining the relevant indicators on the *sustainability* dimension in measuring energy security; (2) analyze the condition of national energy based on the concept of national energy security; and (3) analyze the effect of *sustainability* in the national energy security index. The research method used is qualitative with a quasi-qualitative research design. In general, this research consists of 3 stages, namely the determination of *sustainability* indicators, weighting using *AHP* and indicator assessment. Based on the literature and reinforced by the results of expert interviews in the energy sector, the indicators for the *sustainability* dimension used in this study were determined, namely: (1) carbon intensity, (2) electricity production from renewable energy, (3) electricity supply efficiency, (4) technology, (5) forest area. The measurement results using 4A+1S concept, were obtained at 6.34 or in a stable condition on the energy security scale. *Sustainability* has a positive effect of 0.04 in the energy security index when compared to the 4A concept.

Keywords: energy security, energy security index, *sustainability*, carbon intensity, technology

Pendahuluan

Energi merupakan sektor esensial yang sangat penting bagi kehidupan sehari-hari. Energi final yang dikonsumsi oleh masyarakat berupa listrik, bahan bakar minyak (BBM), gas bumi ataupun *liquified petroleum gas* (LPG) merupakan suatu kebutuhan yang menunjang kegiatan sehari-hari. Energi dikelola berdasarkan asas kemanfaatan, efisiensi berkeadilan, peningkatan nilai tambah, keberlanjutan, pelestarian fungsi lingkungan hidup, ketahanan nasional dan keterpaduan dengan mengutamakan kemampuan nasional (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007). Pengelolaan energi memiliki tujuan untuk mendukung pembangunan nasional secara berkelanjutan dan meningkatkan ketahanan energi nasional (Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2007).

Ketahanan energi secara internasional tidak memiliki definisi pasti, tergantung pada kondisi suatu negara atau wilayah. Di Indonesia, definisi ketahanan energi adalah kondisi terjaminnya ketersediaan energi dan akses masyarakat terhadap energi pada harga yang terjangkau dalam jangka panjang dan tetap memperhatikan perlindungan terhadap lingkungan hidup

(Peraturan Pemerintah No 79 Tahun 2014).

Dewan Energi Nasional menyusun aspek yang terkait definisi tersebut, yaitu ketersediaan (*availability*), kemampuan akses (*accessibility*), keterjangkauan harga (*affordability*) dan penerimaan masyarakat (*acceptability*), yang kemudian terbagi menjadi 20 indikator untuk mengukur ketahanan energi nasional (Sekretariat Jenderal DEN 2020).

Sementara itu pada Program Studi Ketahanan Energi, menyebutkan konsep ketahanan energi berlandaskan *availability*, *accessibility*, *affordability*, *acceptability* dan *sustainability* atau biasa dikenal dengan 4A+1S, yang sering disampaikan pada perkuliahan di Universitas Pertahanan RI. Namun, hingga saat ini belum ada indikator terukur untuk menilai aspek atau dimensi dari *sustainability* ini. Sehingga penulis tertarik melakukan penelitian mengukur ketahanan energi nasional dengan menggunakan tambahan indikator pada aspek *sustainability* tanpa membuat pengulangan dari indikator yang sudah tertera pada aspek 4A.

Sustainability atau keberlanjutan energi sangat penting dalam konsep ketahanan energi saat ini, mengingat mayoritas negara saat ini sedang gencar

melakukan transisi energi kearah yang lebih bersih dan terbarukan juga terus mengkampanyekan efisiensi energi. Contoh sederhananya adalah konsumsi bahan bakar saat ini masih sangat tergantung terhadap energi fosil yang suatu saat akan habis dan juga mengotori lingkungan, sehingga membuat energi itu tidak berkelanjutan.

Berdasarkan latar belakang penulisan diatas, ketahanan energi merupakan komponen penting dalam pergerakan perekonomian dan kehidupan modern serta pertahanan negara. kemudian kondisi tren keenergian yang dinamis dan penilaian ketahanan energi yang ada belum mengukur aspek *sustainability*, membuat peneliti perlu melakukan penelitian untuk menyusun indikator ketahanan energi dengan menambahkan indikator pada aspek *sustainability*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk (1) Menganalisis indikator ketahanan energi yang relevan pada aspek *sustainability* dalam pengukuran indeks ketahanan energi; (2) Menganalisis indeks ketahanan energi Indonesia dengan melibatkan dimensi *sustainability*; (3) Menganalisis pengaruh *sustainability* dalam ketahanan energi nasional.

Metode Penelitian

Peneliti menggunakan metode kualitatif pada penelitian ini karena berdasarkan filsafat pospositivisme, proses penelitian ini lebih berkenaan dengan interpretasi terhadap data yang di temukan dilapangan (Sugiyono, 2017). Metode penelitian kualitatif sendiri merupakan Metode penelitian berdasarkan post positivisme filsafat digunakan untuk memeriksa kondisi alami objek, di mana peneliti adalah alat utama, pemulihan sumber data dilakukan dengan sengaja dan bola salju, teknik pengumpulan dengan triangulasi, analisis data berciri induktif atau kualitatif. Metode kualitatif ini digunakan peneliti untuk mendalami dimensi *sustainability* pada ketahanan energi dan pengaruhnya terhadap pertahanan negara.

Desain penelitian pada penelitian ini adalah kualitatif semu atau biasa disebut kuasikualitatif, dimana desain belum sepenuhnya kualitatif disebabkan masih dipengaruhi oleh ciri kuantitatif, terutama dalam memposisikan teori dari data yang didapat. Sifatnya sendiri tidak begitu memprioritaskan makna dengan penekanan deskriptif lebih banyak melakukan analisis data permukaan, hanya memperhatikan proses suatu kejadian suatu fenomena, bukan

kedalaman ataupun makna data (Bungin, 2014).

Pengumpulan data didapat dari literatur, wawancara maupun kuesioner. Penelitian ini memiliki tiga tahapan utama, yaitu:

- (1) Penentuan indikator *sustainability*;
- (2) Pembobotan
- (3) Pengukuran indeks ketahanan energi

Hasil dan Pembahasan

Pengukuran indeks ketahanan energi yang dilakukan sebelumnya belum memperhitungkan *sustainability* sebagaimana konsep yang digunakan di Universitas Pertahanan RI. Oleh sebab itu, penulis mengukur indeks 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 *sustainable energy supply*, *energy security*, *access to affordable modern energy services* dan *sustainable energy consumption* (Gunnarsdóttir, 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) = memiliki kondisi yang “Sangat Rentan”,
- (2) Nilai (2,00 - 3,99) = memiliki kondisi yang “Rentan”,
- (3) Nilai (4,00 - 5,99) = memiliki kondisi yang “KurangTahan”,
- (4) Nilai (6,00 - 7,99) = memiliki kondisi yang “Tahan”,
- (5) Nilai (8,00 - 10) = memiliki kondisi yang Sangat tahan,

Penentuan Indikator

Dalam penentuan indikator *sustainability*, diseleksi dari indikator yang telah

dikumpulkan dari berbagai referensi internasional terkait dimensi *sustainability*. Penyeleksian tersebut melibatkan expert untuk menentukan indikator yang relevan untuk mengukur *sustainability*).

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

1. Intensitas Karbon, diukur dari perbandingan CO₂ per PDB
2. Produksi Listrik dari Sumber Energi Terbarukan, diukur dari perbandingan produksi listrik yang berasal 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 CO₂, diukur dari penurunan luas hutan.

Intensitas Karbon

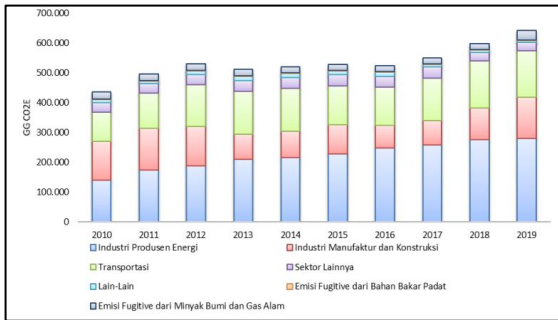
Sustainability dalam bidang energi berkaitan dengan performa lingkungan, ekonomi, sosial dan perkembangan teknologi. Indikator ini mengimplementasikan performa lingkungan dan ekonomi. Intensitas CO₂ diukur dengan menggunakan realisasi emisi per produk domestik bruto (PDB), untuk mengetahui berapa rupiah setiap ton CO₂ yang dihasilkan.

Perhitungan nilai emisi diukur dengan 2 pendekatan. Pertama, katagori sumber emisi dan yang kedua dari jenis bahan bakar (Pusdatin KESDM, 2020). Pada tahun 2019, emisi GRK pada sektor energi dari pendekatan sektor memiliki angka 638.452 Gg CO₂e, dengan emisi paling besar disumbangkan oleh industri produsen energi dengan persentase 43,93 %, disusul sektor transportasi sebesar 23,64 %, kemudian industri dari manufaktur dan konstruksi 21,46 % dan sektor lainnya 4,13 %, emisi fugitive migas sebesar 4,81 %, lain-lain 0,69% dan juga emisi fugitive bahan bakar padat 0,42%.

Tabel 1. Referensi Beberapa Indikator Sustainability Global

Referensi	Dimensi	Indikator	Perhitungan
1. Sovacool, et al. (2011)	Environmental Sustainability	<ul style="list-style-type: none"> • Luasan Hutan • Ketersediaan Air • Perubahan Iklim • Polusi 	<ul style="list-style-type: none"> • Luas hutan sebagai persen dari luas daratan • % Penduduk dengan akses ke air bersih • MTon CO₂ per kapita • MTon SO₂ per kapita
2. Doukas, et al. (2012)		<ul style="list-style-type: none"> • Kepadatan penduduk (Jumlah penduduk/km²) • Konsumsi energi per penduduk (TOE/kapita) • PDB per penduduk (Euro/kapita) • Produksi RES per penduduk (TOE/kapita) • Konsumsi bahan bakar fosil per penduduk • Listrik dari Sumber ET (Energi Terbarukan)(%) • Sumber ET termal (%) • Sumber ET per produksi listrik bahan bakar (ET/bahan bakar fosil dalam produksi listrik) • Rasio penduduk lokal terhadap turis pada periode puncak (%) 	
3. Selvakumaran, et. al (2013)	Sustainability	<ul style="list-style-type: none"> • Keanekaragaman Pangsa Bahan Bakar • Bagian Bahan Bakar Non-Karbon • Pembagian bahan bakar terbarukan • Intensitas emisi karbon • Emisi karbon per kapita 	
5. Li, Yingzhu, Xunpeng Shi, and Lixia Yao. (2016)	Sustainability	<ul style="list-style-type: none"> • Intensitas karbon • TPEC per kapita • Pangsa energi fosil di TPES 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisi CO₂/PDB • TPEC/populasi • Output listrik yang dihasilkan bbm/total output listrik
6. Antanasijević, Davor, et al (2017)	Sustainability Performance	<ul style="list-style-type: none"> • Emisi Gas GRK (%) • Intensitas konsumsi energi emisi gas GRK (%) • Konsumsi energi primer (TOE/kapita) • Ketergantungan energi (%) • Persentase ET dalam konsumsi energi final bruto (%) 	
7. Lowe (2020)	Environmental Sustainability (Energy Trilemma Index)	<ul style="list-style-type: none"> • Final Energy Intensity • Efficiency of Power Generation and T&D • Trend of GHG emission from energy • Low carbon electricity generation • CO₂ Intensity • CO₂ per Capita • CH₄ emission from energy per ktoe • PM_{2.5} mean annual exposure 	

Sumber: diolah dari Gasser (2020) dan Aang (2015)

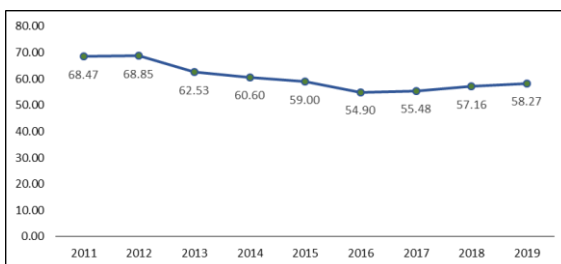


Gambar 1. Emisi GRK Berdasarkan Katagori Sumber Emisi

Sumber: Kementerian ESDM, 2020

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

Intensitas karbon pada sektor energi diukur dari emisi CO₂ per PDB. Pada tahun 2019, intensitas karbon meningkat dari 57,16 kg CO₂e/ juta rupiah menjadi 58,27 kg CO₂e/ juta rupiah yang dapat dilihat pada Gambar 2. Idealnya, angka *sustainability* akan semakin tinggi apabila nilai dari intensitas karbon semakin rendah.



Gambar 2. Emisi Karbon Sektor Energi per PDB tahun 2011-2019

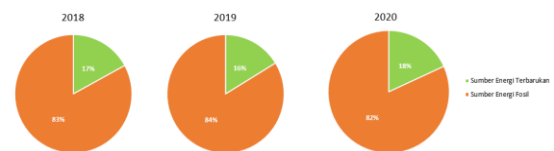
Sumber: diolah dari Kementerian ESDM, 2020

Produksi Listrik Bersumber Energi Terbarukan

Produksi listrik total pada tahun 2019 adalah 291.956 GWh. Produksi dari

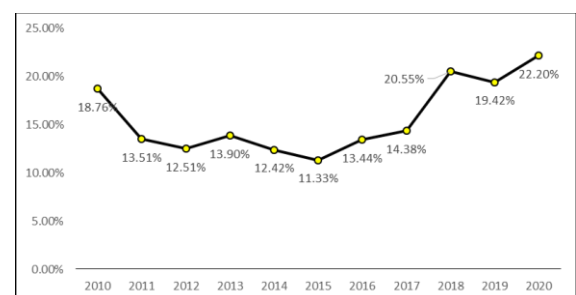
sumber energi terbarukan sebesar 53.036 GWh, disisi lain produksi tenaga listrik dari sumber energi fosil berjumlah 238.920 GWh (Kementerian ESDM, 2021).

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 3. Pangsa Produksi Listrik bersumber Energi Terbarukan dan Fosil 2018-2020

Sumber: HEESI KESDM, 2020



Gambar 4. Grafik Perbandingan Produksi Listrik bersumber energi terbarukan terhadap Energi Fosil.

Sumber: diolah dari HEESI KESDM, 2020

Perbandingan jumlah produksi listrik bersumber energi terbarukan terhadap fosil adalah 22,20% atau mengalami peningkatan sekitar 3% dari dibandingkan

2019 dan juga merupakan persentase tertinggi dalam satu dekade terakhir.

Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik

Dalam mengusahakan tenaga listrik, mengacu pada regulasi, PT PLN (Persero) ditugaskan untuk melakukan peningkatan efisiensi terhadap penyediaan tenaga listrik pada pembangkitan dan jaringan listrik (Permen ESDM No 9 tahun 2020). Pada

energi (kWh) antara energi yang diterima di sisi transmisi/distribusi dengan energi yang diterima oleh pelanggan setelah dikurangi dengan energi yang digunakan untuk penggunaan sendiri pada penyaluran listrik.

SFC pada PLTU pada tahun 2020, memiliki angka sekitar 0,4861-0,8938 kg per kWh, untuk yang pembangkit dengan energi primer gas memiliki angka SFC

Tabel 2. Realisasi SFC 2020 dan Target 2021 dengan katagori berdasarkan Permen ESDM No 9 Tahun 2020

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 atau U Gas < 100 MW	0.0115	0.0109	MMBTU/kWh
		5. PLTG/U Gas >= 100 MW	0.0111	0.0112	
		6. PLTGU Gas < 300 MW	0.0079	0.009	
		7. PLTGU Gas >= 300 MW	0.0081	0.0086	
		8. PLTMG Gas < 10 MW	0.0091	0.0091	
3	BBM (+BBN)	9. PLTMG Gas >= 10 MW	0.0089	0.009	Liter/ kWh
		10. PLTD < 0,5 MW	0.3106	0.3234	
		11. PLTD 0,5 <= Kap <= 2 MW	0.2751	0.274	
		12. PLTD > 2 MW	0.2619	0.246	
		13. PLTU >= 5 MW	0.2488	0.4308	
		14. PLTG/GU/MG < 10 MW	0.2446	0.2507	
		15. PLTG/GU/MG >= 10 MW	0.2493	0.2933	

Sumber : Ditjen Gatrik ESDM, 2021

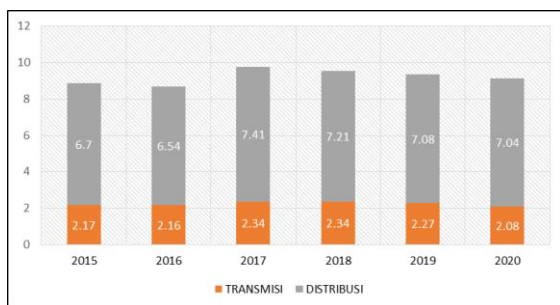
pembangkitan, efisiensi didasarkan oleh *Specific Fuel Consumption* (SFC), yaitu jumlah bahan bakar yang digunakan oleh unit pembangkit dalam menghasilkan 1 kWh energi listrik bruto. Sementara itu, efisiensi jaringan listrik diukur dari susut jaringan, yang merupakan perbedaan

sekitar 0,0089-0,0115 MMBTU per kWh, dan untuk yang berenergi primer BBM memiliki angka sekitar 0,2493-0,3106 liter per kWh dengan rincian pada Tabel 2.

Semakin rendah nilai dari SFC, maka biaya pembangkitan yang dikeluarkan akan

menjadi rendah dan akan membuat pembangkit semakin efisien

Pada efisiensi jaringan listrik, susut jaringan telah masuk kedalam tren positif dalam tiga tahun kebelakang. Tahun 2018, susut pada jaringan transmisi adalah 2,34 dan susut jaringan distribusi sebesar 7,21 telah bergerak ke arah lebih baik pada tahun 2020, dengan kondisi susut jaringan pada transmisi adalah 2,08 dan susut jaringan distribusi sebesar 7,04 (Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan KESDM, 2021).



Gambar 5. Susut Jaringan Transmisi dan Distribusi 2015-2020.

Sumber: KESDM, 2020

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 hijau atau ramah lingkungan adalah penggunaan teknologi yang metode pelaksanaannya mengacu pada tujuan serta memperhatikan terkait lingkungan disekitarnya, sehingga menjadi latar belakang munculnya berbagai teknologi terapan yang berhubungan baik dengan makhluk hidup maupun 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. Dari sumber Kemenhub, kendaraan listrik yang sudah beroperasi hingga bulan November 2021 berjumlah 14.400 unit; (4) Panel surya, merupakan suatu alat yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi listrik, atau biasa disebut sel photovoltaic (PV). Sel ini memiliki ketergantungan pada efek photovoltaic untuk mendapatkan energi matahari yang nantinya akan dikonversi menjadi listrik. Pemanfaatan panel surya saat ini semakin masif dan juga membuat lebih hemat energi. Panel Surya Rooftop hingga bulan Oktober 2021 sudah terpasang hingga 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, jumlah pemanfaatan biofuel dalam negeri per bulan Oktober 2021 sudah berjumlah 7.468 ribu KL dari rencana 9.200 ribu KL hingga akhir tahun 2021.

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. Tingkat kandungan dalam negeri (TKDN) pada teknologi sektor pembangkitan masih relatif rendah, dengan angka 65%. Untuk sektor migas, pada sisi hulu, TKDN kumulatif pada tahun 2020 baru mencapai 57%, di sisi hilir, TKDN jargas relatif tinggi hingga 69,85%, konverter kit nelayan memiliki persentase 46% dan konverter kit petani berjumlah 79,36%.

Luasan Hutan

Luasan Hutan merupakan salah satu indikator *sustainability* energi, karena hutan merupakan komponen penting untuk menyerap CO₂ secara masif dan Indonesia merupakan negara yang dengan hutan yang sangat luas. *Net zero emission* (NZE) dapat tercapai apabila CO₂ yang dihasilkan sama dengan yang diserap. Komponen penting untuk menyerap CO₂ 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

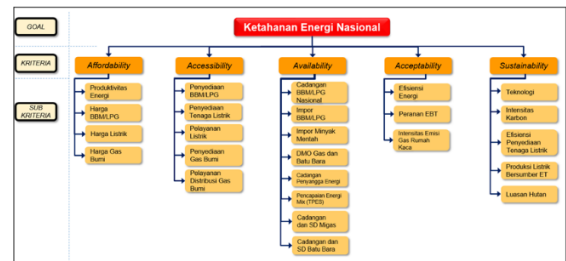
tahun lalu 2018-2019 yang mencapai 462.5000 hektar. Meskipun belum ada data pasti berapa emisi CO₂ yang bisa diserap oleh hutan di Indonesia secara keseluruhan, namun secara umum hutan merupakan komponen utama yang menyerap emisi CO₂ secara masif.

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 CO₂e. Kegiatan yang berkontribusi terbesar dari pengendalian kebakaran gambut (Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, 2019).

Pembobotan Indikator

Pembobotan indikator pada dimensi *sustainability* ini menggunakan metode AHP (*Analitycal Hierarchy Process*). Metode ini dikembangkan oleh Thomas L. Saati 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 (Afandi, 2018). Penentuan bobot kriteria menggunakan kuesioner yang diisi oleh expert pada sektor energi dengan matrik berpasangan antar kriteria. Pembobotan

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



Gambar 6. Hirarki Ketahanan Energi Nasional
Sumber: diolah dari DEN, 2020

A - set AHP priorities - or B!	Equal	How much more?	Col	Priority rank	SI
1 Intensitas Karbon	<input type="radio"/> Produk Listrik Bersumber Energi Terbarukan	0:1	0:2 0:3 0:4 0:5 0:6 0:7 0:8 0:9	1	Intensitas Karbon: 22.8% 1.3% 1.3%
2 Intensitas Karbon	<input type="radio"/> Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik	0:1	0:2 0:3 0:4 0:5 0:6 0:7 0:8 0:9	2	Bersumber Energi Terbarukan: 10.9% 3 0.4% 0.4%
3 Intensitas Karbon	<input type="radio"/> Teknologi	1:1	0:2 0:3 0:4 0:5 0:6 0:7 0:8 0:9	3	Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik: 10.9% 3 0.4% 0.4%
4 Produk Listrik Bersumber Energi Terbarukan	<input type="radio"/> Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik	1:1	0:2 0:3 0:4 0:5 0:6 0:7 0:8 0:9	4	Teknologi: 34.9% 3.7% 3.7%
5 Produk Listrik Bersumber Energi Terbarukan	<input type="radio"/> Teknologi	0:1	0:2 0:3 0:4 0:5 0:6 0:7 0:8 0:9	5	Luasan Hutan: 10.4% 5 1.0% 1.0%
6 Produk Listrik Bersumber Energi Terbarukan	<input type="radio"/> Luasan Hutan	1:1	0:2 0:3 0:4 0:5 0:6 0:7 0:8 0:9		
7 Produk Listrik Bersumber Energi Terbarukan	<input type="radio"/> Luasan Hutan	1:1	0:2 0:3 0:4 0:5 0:6 0:7 0:8 0:9		
8 Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik	<input type="radio"/> Teknologi	0:1	0:2 0:3 0:4 0:5 0:6 0:7 0:8 0:9		
9 Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik	<input type="radio"/> Luasan Hutan	1:1	0:2 0:3 0:4 0:5 0:6 0:7 0:8 0:9		
10 Teknologi	<input type="radio"/> Luasan Hutan	0:1	0:2 0:3 0:4 0:5 0:6 0:7 0:8 0:9		

Number of comparisons = 10
Consistency Ratio CR = 0.2%

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

Gambar 7. Penggunaan AHP Calculator
Sumber: <https://bpmmsg.com/ahp/ahp-calc.php>, 2021

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%. 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%

Pengukuran Dimensi Sustainability (Scoring)

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.

Dari hasil penilaian yang dilakukan oleh expert didapat bahwa nilai indikator intensitas karbon 6,80, Produksi listrik yang bersumber energi terbarukan 5,60, Efisiensi penyediaan tenaga listrik 6,40, teknologi 6,60; dan Luasan Hutan 6,80. Dari hasil tersebut didapatkan nilai dimensi *sustainability* adalah 6,48 atau dalam skala nilai tahan.

Diskusi

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, berkaitan dengan performa lingkungan

Apabila dilihat dari nilai dimensi *sustainability*, intensitas karbon Indonesia sudah cukup dengan nilai 6,8 atau termasuk dalam kategori tahan. Jika dibandingkan dengan negara-negara lain nilai intensitas karbon Indonesia relatif rendah dengan 0,192 kgCO_{2e} per PPP \$ GDP constant tahun 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 mengalami tren positif dalam 3 tahun terakhir. Di tahun 2018 susut jaringan transmisi memiliki angka 2,34 dan susut jaringan distribusi sebesar 7,21, pada tahun 2020 telah bergerak ke arah positif dimana susut jaringan transmisi berkurang menjadi 2,08 dan susut jaringan distribusi menjadi 7,04. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan listrik terus berupaya meberikan 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 CO₂, meskipun peneliti belum dapat memastikan angka penyerapan CO₂ oleh hutan di Indonesia.

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.

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.

Secara keseluruhan, pengukuran indeks ketahanan energi yang dilakukan dengan menambahkan dimensi *sustainability* adalah 6,34 atau dalam katagori tahan.

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

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian diatas, peneliti menyimpulkan bahwa:

- Indikator yang digunakan untuk mengukur *sustainability* yang relevan digunakan adalah intensitas karbon, produksi listrik yang bersumber energi terbarukan, efisiensi penyediaan listrik, pemanfaatan teknologi dan luasan hutan.
- Dalam pengukuran indeks ketahanan energi dengan menggunakan konsep 4A+1S nilai yang didapat adalah 6,34 atau dalam kondisi tahan, namun masih dalam batas bawah. Hal

tersebut mencerminkan kondisi keenergian di indonesia.

- Apabila dibandingkan antara konsep 4A dan 4A+1S, dimensi *sustainability* berpengaruh dalam meningkatkan indeks ketahanan energi sebesar 0,04. Indikator pada dimensi *sustainability* yang sangat berpengaruh adalah teknologi karena memiliki bobot paling besar. Oleh sebab itu, utamanya pemerintah perlu terus mengembangkan teknologi agar dapat menjaga energi tetap sustain, juga didukung dengan pemanfaatan komponen dalam negeri agar memberikan dampak ekonomi. Peningkatan indikator lainnya juga penting untuk meningkatkan nilai *sustainability*, yang tujuan utamanya untuk meningkatkan ketahanan energi nasional.

Sementara itu saran pada penelitian ini antara lain:

- Agar dapat dijadikan sebagai acuan bahwa *sustainability* berdampak positif dalam indeks ketahanan energi, sehingga DEN ataupun lembaga penelitian yang akan mengukur ketahanan energi kedepan dapat mempelajari dan memasukkan *sustainability* sebagai suatu dimensi.

- Pengembangan teknologi perlu didukung oleh Pemerintah melalui kebijakan-kebijakan yang pro akan perkembangan teknologi, selain itu pengawasan dalam implementasi kebijakan tersebut perlu dilakukan secara transparan dan akuntabel. Begitu pula penurunan emisi karbon, untuk pencapaian NZE selain pelestarian hutan, perlu juga didukung oleh teknologi yang ramah lingkungan dan juga teknologi seperti carbon capture. Selain dukungan regulasi, sumber daya manusia dan pendanaan juga menjadi faktor krusial untuk meningkatkan ketahanan energi, sehingga perlu edukasi dan sosialisasi terkait pentingnya ketahanan energi kepada seluruh elemen masyarakat.
- Penulis menyadari bahwa masih banyak keterbatasan dalam penelitian ini, sehingga penulis berharap adanya penelitian lanjutan yang lebih komprehensif mengenai *sustainability* maupun ketahanan energi itu sendiri. Penelitian ini membutuhkan penelitian lebih lanjut untuk menyempurnakan indikator *sustainability* dengan juga melibatkan lebih banyak responden.

Daftar Pustaka

- Afandi, A. (2018). PENERAPAN AHP (ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS) TERHADAP PEMILIHAN SUPPLIER DI UD. NAGAWANGI ALAM SEJAHTERA MALANG. *Jurnal Valtech*, 1(1), 119-124.
- Ang, B. W., Choong, W. L., & Ng, T. S. (2015). Energy security: Definitions, dimensions and indexes. *Renewable and sustainable energy reviews*, 42, 1077-1093.
- Antanasijević, D., Pocajt, V., Ristić, M., & Perić-Grujić, A. (2017). A differential multi-criteria analysis for the assessment of sustainability performance of European countries: Beyond country ranking. *Journal of cleaner production*, 165, 213-220.
- Bungin, M. B. (2014). *Metodologi penelitian kuantitatif: komunikasi, ekonomi, dan kebijakan publik serta ilmu-ilmu sosial lainnya*.
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan KESDM. (2021). *Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2020*. Jakarta: Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim. (2019). *Laporan Inventarisasi GRK dan Monitoring, Pelaporan, Verifikasi (MPV)*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
- Doukas, H., Papadopoulou, A., Savvakis, N., Tsoutsos, T., & Psarras, J. (2012). Assessing energy sustainability of rural communities using Principal Component Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 1949-1957.
- Gasser, P. (2020). A review on energy security indices to compare country

- performances. *Energy Policy*, 139, 111339.
- Gunnarsdóttir, I., Davidsdóttir, B., Worrell, E., & Sigurgeirsdóttir, S. (2021). Sustainable energy development: History of the concept and emerging themes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141, 110770.
- Kementerian ESDM. (2021). *Handbook of Energy & Economic Statistic of Indonesia 2020*. Jakarta: Pusdatin KESDM.
- Li, Y., Shi, X., & Yao, L. (2016). Evaluating energy security of resource-poor economies: A modified principle component analysis approach. *Energy Economics*, 58, 211-221.
- Lowe, P., Abdelhak Chibani, M., Barseghyan, H., Kolodziejczyk, B., Oyewole, O., Diendorfer, C., ... & Smon, I. *World Energy Trilemma Index 2020*. (2020). Report+ Summary.
- Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional.
- Peraturan Presiden Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional.
- Peraturan Menteri ESDM Nomor 9 Tahun 2020 Tentang Efisiensi Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero).
- Pusdatin KESDM. (2020). *Inventarisasi Emisi GRK Bidang Energi*. Jakarta: Pusdatin KESDM.
- Sekretariat Jenderal DEN. (2020). *Buku Ketahanan Energi 2020*. Jakarta: Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional
- Selvakkumaran, S., & Limmeechokchai, B. (2013). Energy security and co-benefits of energy efficiency improvement in three Asian countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20, 491-503.
- Sovacool, B. K., & Mukherjee, I. (2011). Conceptualizing and measuring energy security: A synthesized approach. *Energy*, 36(8), 5343-5355.
- Sugiyono. (2017), *Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif dan R&D*. Edisi Kedua. Bandung: Alfabeta, CV
- Undang-Undang RI Nomor 30 Tahun 2007 Tentang Energi