



Energi listrik berkelanjutan: Potensi dan tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia

NOVIANA BAYU ALNAVIS¹, RIVALDO RESTU WIRAWAN², KARINA INDAH SOLIHAN³,
VANADI HELMY NUGROHO¹

¹ Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia

*Correspondence: noviana.alnavis@gmail.com

Received Date: January 30, 2024

Accepted Date: January 31, 2024

ABSTRACT

Economic growth and increasing population density have an influence on the large need for electrical energy in Indonesia. The amount of energy needed is directly proportional to economic growth and population density. This condition could threaten energy security in Indonesia if all stakeholders still depend on non-renewable energy. Coal, oil, and natural gas, which are continuously exploited for generating electricity, will eventually run out and will no longer be able to meet Indonesia's electrical energy needs. Apart from that, the use of non-renewable energy also has a negative impact on the environment. Indonesia is a country that is rich in renewable energy sources that can be used as a source of energy for generating electricity, but there are still obstacles in processing and using them, so they are not optimal. This paper aims to analyze the potential and challenges of providing electrical energy in Indonesia. The method used is a descriptive method using primary and secondary data and literature studies. The results of this study show that the potential for renewable energy that can be processed and developed for electricity generation is quite large, namely from energy sources originating from geothermal, hydropower, mini-hydro and micro-hydro, bioenergy, solar power, wind energy, and ocean waves. The survey results show that 52% of the public agree with the use of renewable energy, and 43% agree with the use of nuclear energy as a source of renewable electrical energy. The reason for choosing nuclear energy is the reliability of the energy supply. A strategy for developing renewable electrical energy can be formulated based on the opportunities and challenges currently faced to achieve energy security in Indonesia. Efforts to develop renewable electrical energy need to be carried out with the cooperation of all relevant stakeholders so that the sustainability of electrical energy in Indonesia can be realized.

KEYWORDS: challenge; electricity; potency; renewable energy; sustainable energy

ABSTRAK

Pertumbuhan ekonomi dan peningkatan kepadatan penduduk berpengaruh terhadap besarnya kebutuhan energi listrik di Indonesia. Jumlah energi yang dibutuhkan berbanding lurus dengan pertumbuhan ekonomi dan peningkatan kepadatan penduduk. Kondisi ini dapat mengancam ketahanan energi di Indonesia, apabila semua stakeholders masih bergantung pada energi tidak terbarukan. Batubara, minyak, dan gas alam yang dieksploitasi secara terus-menerus untuk pembangkit tenaga listrik, semakin lama akan habis dan tidak dapat lagi memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia. Selain itu, penggunaan energi tidak terbarukan juga berdampak negatif terhadap lingkungan. Indonesia adalah negara yang kaya akan sumber energi terbarukan yang dapat digunakan sebagai sumber energi pembangkit listrik, namun masih terdapat hambatan dalam pengolahan dan penggunaannya sehingga masih belum optimal. Karya tulis ini bertujuan untuk menganalisis potensi dan tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif dengan menggunakan data primer, sekunder, dan studi literatur. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa, potensi energi terbarukan yang dapat diolah dan dikembangkan untuk pembangkit tenaga listrik cukup besar yakni dari sumber energi yang berasal dari panas bumi, tenaga air, minihidro dan mikrohidro, bioenergi, tenaga surya, energi angin dan gelombang laut. Hasil survei menunjukkan bahwa, 52% masyarakat setuju dengan

Cite This Article:

Alnavis, N. B., Wirawan, R. R., Solihah, K. I., & Nugroho, V. H. (2024). Energi listrik berkelanjutan: Potensi dan tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia. *Journal of Innovation Materials, Energy, and Sustainable Engineering*, 1(2), 119-139. <https://doi.org/10.61511/jimese.v1i2.2024.544>

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



penggunaan energi terbarukan, dan sebanyak 43% setuju bahwa penggunaan energi nuklir sebagai sumber energi listrik terbarukan dengan alasan pemilihan energi nuklir adalah karena kehandalan penyediaan energi. Strategi pengembangan energi listrik terbarukan dapat dirumuskan berdasar pada peluang dan tantangan yang dihadapi saat ini untuk pencapaian ketahanan energi di Indonesia. Upaya pengembangan energi listrik terbarukan perlu dilaksanakan dengan adanya kerjasama semua stakeholders terkait agar keberlanjutan energi listrik di Indonesia dapat terealisasi

KATAKUNCI: energi berkelanjutan; listrik; energi terbarukan; potensi; tantangan

1. Pendahuluan

Energi merupakan salah satu kebutuhan mendasar yang sangat besar pengaruhnya untuk kehidupan manusia (Kholiq, 2015). Energi terbagi menjadi dua jenis yaitu energi terbarukan dan energi tidak terbarukan. Sebagian besar energi tersebut memiliki sifat terbatas yang penggunaannya akan habis jika tidak dilakukan secara baik dan berkelanjutan. Energi yang terbatas ini merupakan energi yang tidak dapat terbarukan karena pembentukannya membutuhkan waktu yang sangat lama, sedangkan energi yang pembentukannya cepat dan dapat pulih kembali secara alami, serta prosesnya berkelanjutan adalah energi terbarukan (Hasan, Mahlia, & Nur, 2012).

Perubahan populasi sangat mempengaruhi besar dan komposisi kebutuhan energi. Saat ini, Indonesia memiliki jumlah penduduk yang relatif tinggi, yakni sekitar 265 juta jiwa dan terdiri dari sekitar 17000 pulau. Apabila laju pertumbuhan penduduk Indonesia diperkirakan cenderung melambat dan diasumsikan konstan pada 0.62% per tahun, maka penduduk Indonesia diperkirakan akan meningkat menjadi 335 juta jiwa pada tahun 2050 (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2016b). Tingginya kepadatan penduduk dan meningkatnya urbanisasi di Indonesia memberikan potensi peningkatan kebutuhan energi dari tahun ke tahun (IRENA, 2017)

Pertumbuhan ekonomi juga merupakan faktor yang berpengaruh pada peningkatan kebutuhan energi, misalnya kebutuhan energi listrik, transportasi dan industri (IRENA, 2017). Hal ini dibuktikan oleh Salim *et al.* (2014) dengan melakukan analisis data di negara-negara *Organization of Economic Cooperation and Development* (OECD) untuk periode 1980 sampai dengan 2011 yang mengungkapkan hubungan jangka panjang antara konsumsi energi (baik yang terbarukan maupun tidak terbarukan) dengan produksi industri dan pertumbuhan ekonomi. Tuna (2019) juga menyatakan bahwa peningkatan tingkat pendapatan mengarah pada peningkatan konsumsi energi. Menurut data statistik, konsumsi energi yang paling besar adalah pada sektor transportasi yakni 38% dan sektor industri sebesar 32%. Sumber energi yang paling banyak digunakan adalah energi yang berasal dari minyak bumi sebesar 48% dan energi listrik sebesar 17% (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2018b).

Listrik merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas hidup dan menjadi penggerak bagi perekonomian negara. Pembangkit listrik juga merupakan salah satu sektor pengguna energi selain sektor transportasi, industri, dan rumah tangga. Sumber energi yang digunakan untuk pembangkit energi listrik selama ini masih didominasi oleh energi tidak terbarukan yang berasal dari bahan bakar fosil, yaitu batubara, minyak bumi dan gas alam. Apabila penggunaan energi tidak terbarukan berlangsung secara terus-menerus, maka lama kelamaan energi tidak terbarukan habis sehingga tidak bisa memenuhi kebutuhan listrik di Indonesia untuk generasi mendatang.

Penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber energi pembangkit listrik juga dapat berdampak buruk terhadap lingkungan karena meningkatkan emisi gas rumah kaca, khususnya emisi CO₂. Menurut Alimah and Dewita (2008), ketergantungan terhadap bahan bakar fosil memiliki tiga ancaman serius yaitu, menipisnya cadangan minyak bumi yang diketahui (bila tanpa temuan sumur minyak baru), kenaikan harga akibat permintaan yang lebih besar dari produksi minyak dan polusi gas rumah kaca akibat pembakaran bahan

bakar fosil. Peningkatan kualitas pelayanan listrik dan pembangunan pembangkit listrik baru untuk memenuhi permintaan listrik yang terus meningkat menyebabkan emisi gas rumah kaca meningkat (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2016a). Penggunaan energi yang lebih ramah lingkungan diperlukan untuk mengatasi ketergantungan terhadap energi tidak terbarukan, yaitu dengan menggunakan potensi energi terbarukan.

Potensi energi terbarukan di Indonesia belum dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber energi pembangkit listrik. Pemerintah harus mengambil kebijakan yang tepat dalam penggunaan energi terbarukan maupun tidak terbarukan sebagai sumber pemangkit listrik dengan memperhatikan kebutuhan energi generasi sekarang dan generasi mendatang. Pengelolaan dan penggunaan energi terbarukan perlu dioptimalkan untuk memperkuat ketahanan energi di Indonesia (Harjanto, 2008). Oleh karena itu, karya tulis ini akan membahas mengenai potensi dan tantangan penyediaan sumber energi listrik baik itu energi terbarukan maupun tidak terbarukan, untuk dapat melihat keberlanjutan pemenuhan kebutuhan energi listrik di Indonesia.

2. Metode

Penelitian ini membahas mengenai analisis potensi dan tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia. Sumber data dan informasi yang digunakan untuk analisis dalam penyusunan karya tulis ini adalah data primer, data sekunder dan hasil studi literatur yang berasal dari diantaranya, data pemerintah yaitu data BPS dan ESDM, jurnal-jurnal nasional maupun internasional, publikasi organisasi pemerintah, serta situs web dan internet. Pengumpulan data primer dalam bentuk kuesioner digunakan untuk mengetahui persepsi masyarakat terhadap penggunaan energi terbarukan dan energi tidak terbarukan sebagai pembangkit tenaga listrik di Indonesia.

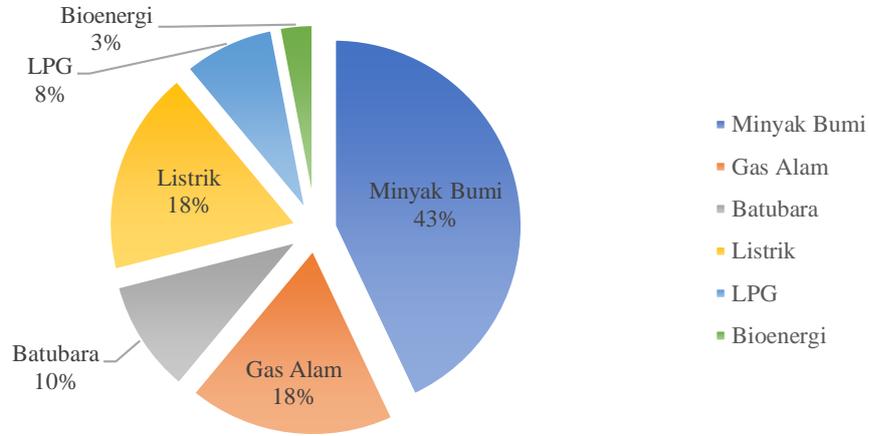
Pengambilan data primer dilakukan dengan melakukan survei secara online menggunakan kuesioner aplikasi google form kepada pengguna listrik di Jabodetabek. Pengambilan sampel hanya di wilayah Jabodetabek karena wilayah tersebut dapat mewakili wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi dengan tingkat konsumsi listrik yang tinggi. Pengambilan data primer dilakukan dari tanggal 24 November 2019 hingga 30 November 2019. Dari 145 responden yang telah mengisi kuesioner, terdapat 6 responden yang bukan pengguna listrik wilayah Jabodetabek dan 5 data responden yang tidak valid, sehingga 11 data tersebut kami keluarkan. Data responden yang kami analisis selanjutnya adalah 134 data. Karakteristik demografi dari responden yang kami gunakan adalah umur dan tingkat pendidikan. Responden yang telah berpartisipasi di dalam survei berumur 15-53 tahun, sedangkan tingkat pendidikan mayoritas adalah sudah pernah menempuh pendidikan di universitas, yakni 93%. Apabila dilihat dari umur dan tingkat pendidikan responden, dapat diasumsikan bahwa responden memiliki pengetahuan yang cukup terkait energi.

Pengumpulan data sekunder dan literatur dilakukan secara *online*. Studi untuk penyusunan karya tulis ini diawali dengan pengumpulan data sekunder dari organisasi pemerintah yang terkait dengan energi, serta jurnal dan publikasi lain yang mendukung studi ini. Pengolahan data primer, data sekunder, dan studi literatur dilakukan menggunakan Microsoft Excel. Analisis dilakukan dengan metode deskriptif yakni dengan melakukan olah statistik data primer, data sekunder dan hasil studi literatur.

3. Hasil dan Diskusi

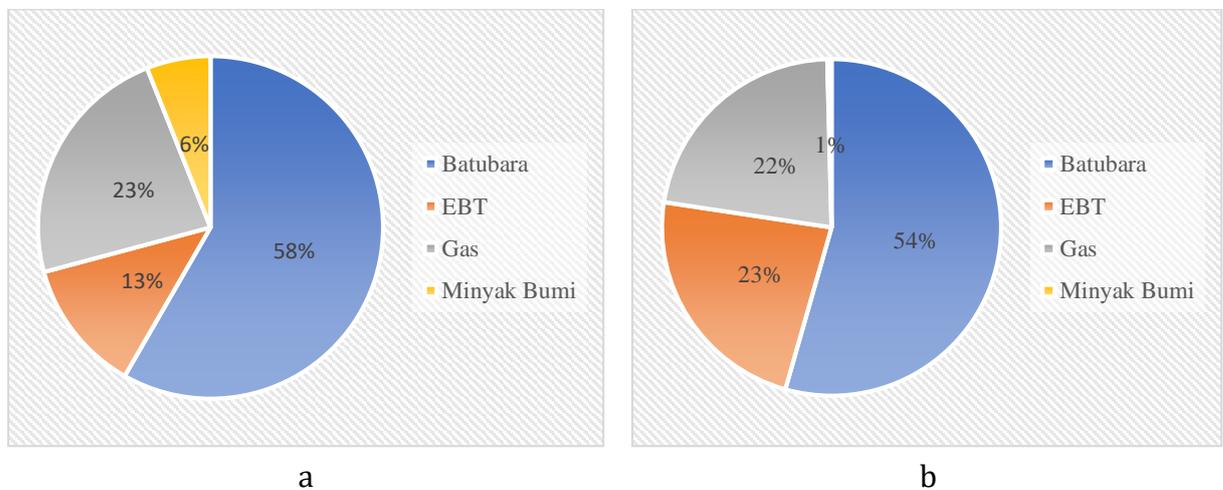
3.1 Profil Energi baur di Indonesia

Indonesia menghadapi tantangan dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan pada sektor energi. Indonesia adalah negara yang memiliki potensi energi terbarukan yang besar, namun saat ini penyediaan energi final masih didominasi oleh sumber energi tidak terbarukan seperti minyak, gas dan batubara (Hasan et al., 2012). Bauran energi nasional menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2017) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar. 1 Bauran energi di Indonesia
(Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 2017)

Sumber energi fosil yaitu batubara, minyak bumi dan gas adalah sumber energi primer untuk pembangkit listrik di Indonesia. Area pertambangan energi fosil tersebar di beberapa wilayah Indonesia. Pertambangan batubara terpusat di Sumatera dan Kalimantan, yakni di daerah Sumatera Selatan dan Kalimantan Timur. Ketergantungan terhadap energi fosil yang tinggi juga terjadi pada sektor kelistrikan. Pada realisasi penggunaan energi untuk pembangkit listrik pada tahun 2017, penggunaan energi fosil dari batubara sebesar 58 % dari total bauran energi di Indonesia. Data ini diperoleh dari Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN (Persero) tahun 2018-2027 yang ditetapkan di dalam Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 1567K/21/MEM/2018 Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2018a).

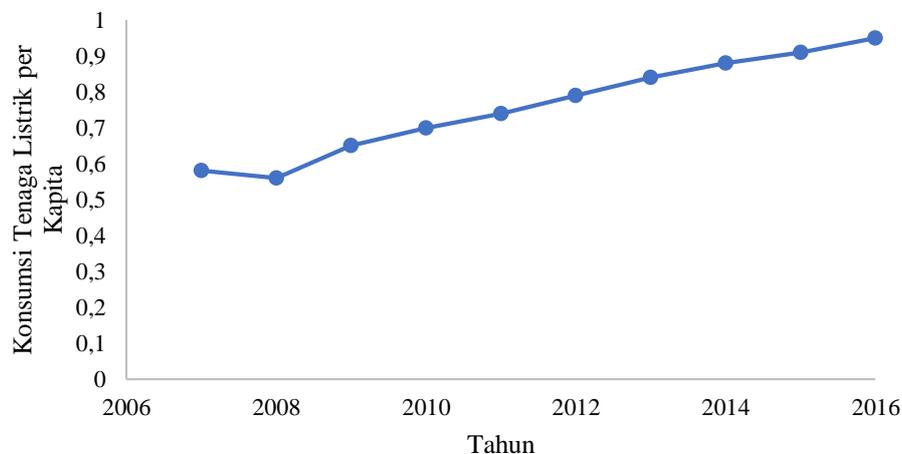


Gambar. 2 (a) Realisasi konsumsi energi baur untuk pembangkit listrik tahun 2017 dan (b) target konsumsi energi baur tahun 2025
(Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 2018)

Pemerintah mengambil kebijakan berdasarkan RUPTL tahun 2018-2027 dengan menetapkan target dalam usaha pembangkit listrik dengan mengurangi proporsi penggunaan energi dari batubara, minyak bumi dan gas, sedangkan penggunaan energi terbarukan ditingkatkan 10% dari realisasi tahun 2017. Kebijakan ini diambil dalam rangka melaksanakan sasaran RUPTL pemerintah untuk dapat mencapai bauran energi pembangkit tenaga listrik yang lebih baik untuk menurunkan biaya pokok penyediaan yang dicerminkan oleh pengurangan penggunaan bahan bakar minyak. Pemerintah juga memiliki target untuk memanfaatkan energi terbarukan sesuai dengan program pemerintah, terutama panas bumi, tenaga air serta energi terbarukan lainnya seperti tenaga surya, angin, bioenergi dan sebagainya.

Kebutuhan akan energi listrik yang terus meningkat membuat pemerintah harus dapat meningkatkan kapasitas pembangkit listrik dengan melakukan program konstruksi pembangkit energi listrik baru. Walaupun begitu, energi yang digunakan untuk pembangkit listrik hingga tahun 2020 masih tetap didominasi oleh penggunaan batubara. Ketergantungan terhadap batubara untuk pembangkit listrik akan menyebabkan cadangan batubara nasional semakin berkurang dan dampak negatif terhadap lingkungan karena emisi gas rumah kaca akibat pembakaran batubara yang juga semakin meningkat. Peningkatan gas rumah kaca dapat mempengaruhi perubahan iklim. Polusi yang ditimbulkan oleh pembakaran batubara juga dapat menyebabkan masalah kesehatan dengan kerugian 2.5-7 % dari GDP pada tahun 2010 (Sugiawan & Managi, 2016). Pemerintah juga terkena dampak beban keuangan APBN yang besar karena adanya subsidi untuk penyediaan energi listrik sehingga menimbulkan konsumsi energi yang tidak efisien serta pengembangan energi terbarukan menjadi terhambat.

Jumlah pelanggan PLN terbanyak berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2018a) berasal dari sektor rumah tangga yakni sebanyak 62 juta pelanggan, sektor industri yakni sebanyak 74.860 pelanggan, sektor bisnis 3,49 juta pelanggan, sektor sosial 1,4 juta pelanggan, serta sisanya gedung kantor pemerintah dan penerangan jalan umum 400.957. Jumlah pelanggan dari tahun 2007 ke tahun 2016 mengalami peningkatan dua kali lipat. Konsumsi energi listrik per kapita dari tahun 2007 hingga tahun 2016 mengalami kenaikan seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan penambahan jumlah penduduk. Rasio elektrifikasi juga mengalami peningkatan dari 64,34 % menjadi 91,16 % pada tahun tersebut (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2017b).



Gambar. 3 Konsumsi Tenaga Listrik per Kapita tahun 2016
(Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2017b)

3.2 Potensi energi terbarukan di Indonesia untuk pembangkit listrik

Potensi energi terbarukan di Indonesia sangat besar, yaitu terdiri dari potensi panas bumi, tenaga air, minihidro dan mikrohidro, tenaga surya, energi angin, gelombang laut dan bioenergi. Walaupun memiliki potensi energi terbarukan yang besar, Indonesia sampai saat ini belum mampu untuk memanfaatkannya dengan baik, sehingga tidak heran jika data statistik Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2019) yang menunjukkan masih besarnya pemanfaatan energi batubara yang merupakan energi tidak terbarukan. Potensi energi terbarukan di Indonesia dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Potensi dan pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia

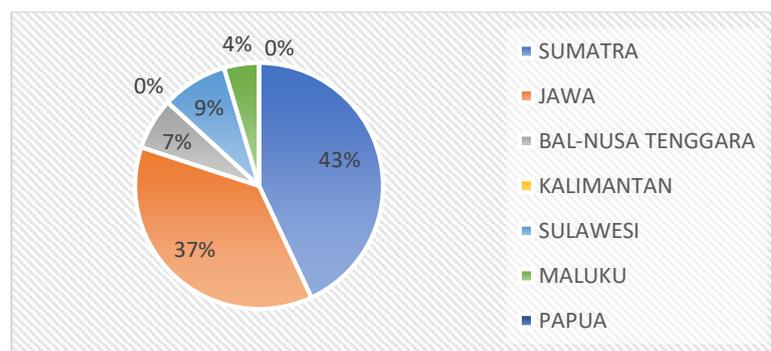
Jenis Energi	Potensi	Kapasitas Terpasang	Pemanfaatan
Panas bumi	29.544 MW	1.438,5 MW	4,9%
Air (<i>Hydro</i>)	75.091 MW	4.826,7 MW	6,4%
<i>Mini-micro Hydro</i>	19.385 MW	197,4 MW	1,0%
Bioenergi	32.654 MW	1.671,0 MW	5,1%
Surya	207.898 MW (4,80 kWh/m ² /hari)	78,5 MW	0,04%
Angin	60.647 MW ($\geq 4\text{m/s}$)	3,1 MW	0,01%
Gelombang Laut	17.989 MW	0,3 MW	0,002%

(Sumber: Perpres No.22 Tahun 2017 tentang RUEN)

Berdasarkan tabel di atas, diketahui bahwa energi terbarukan di Indonesia sangat berpotensi pada jenis energi surya atau yang bersumber dari panas matahari kemudian disusul energi angin, air, bioenergi, panas bumi, mini-mikrohidro dan gelombang laut. Sebagai negara tropis tentu ini dapat dimanfaatkan dengan sebaik mungkin. Namun, pada kenyataannya pada saat ini pemanfaatan energi tenaga surya hanya 0,04%. Selain itu, masih ada banyak energi terbarukan yang bisa menunjang kebutuhan energi di Indonesia tanpa menggunakan energi tidak terbarukan. Penyediaan infrastruktur untuk mengoptimalkan potensi yang dimiliki kurang berjalan dengan baik. Berikut adalah potensi energi terbarukan berdasarkan provinsi di Indonesia:

a. Energi Panas Bumi

Energi panas bumi adalah energi panas yang berasal dari dalam pusat bumi yang cukup panas untuk melelehkan bebatuan. Menurut laporan WestJEC pada tahun 2007 *Master Plan Study for Geothermal Power Development in the Republic of Indonesia* dalam RUPTL PLN tahun 2018-2027 oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2018a) menyebutkan, bahwa potensi panas bumi Indonesia yang dapat dieksploitasi adalah 9.000 MW, tersebar di 50 lapangan dengan potensi minimal 12.000 MW. Berdasarkan data Statistik EBTKE Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2016c) potensi energi panas bumi di Indonesia sebesar 17.546 MW dan terdapat di seluruh pulau-pulau besar di Indonesia.

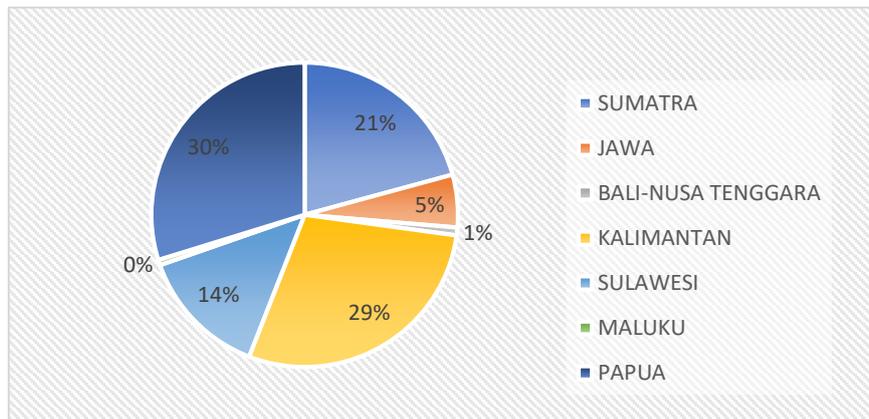


Gambar. 4 Potensi Energi Panas Bumi di Indonesia
(Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2016c)

Potensi energi panas bumi paling besar terdapat di Sumatra dengan persentase 43% atau sebesar 7.556 MW kemudian disusul daerah Jawa dengan persentase 37% atau sebesar 6.496 MW. Potensi energi panas bumi paling sedikit berada di daerah Maluku dengan persentase 4% atau sebanyak 800 MW, sedangkan untuk Kalimantan dan Papua tidak memiliki potensi energi panas bumi.

b. Tenaga air

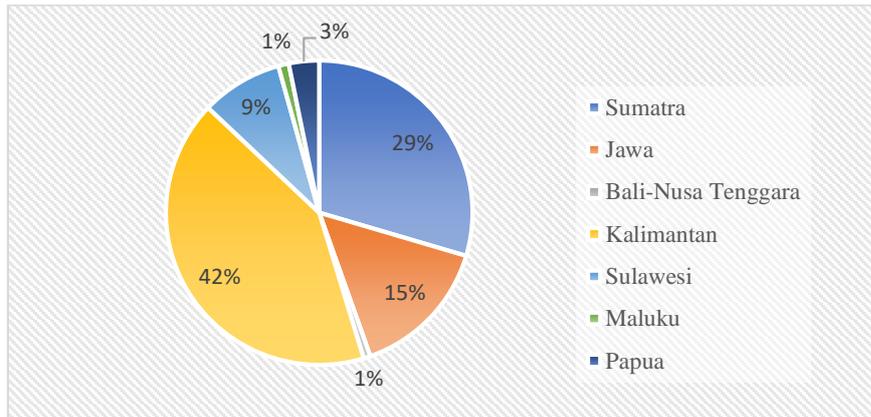
Tenaga air adalah energi yang diperoleh dari air yang mengalir atau air terjun. Pada saat ini tenaga air sudah banyak digunakan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) pada wilayah di Indonesia. Berdasarkan data statistik EBTKE Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2016c), potensi tenaga air di Indonesia adalah 75.091 MW dan tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia.



Gambar. 5 Potensi tenaga air di Indonesia
(Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2016c)

Potensi tenaga air paling besar terdapat di Papua dengan persentase 30% atau sebesar 22.371 MW. Potensi di Kalimantan sebesar 29% atau 21.581 MW, Sumatra 21% atau sebanyak 15.579 MW, Sulawesi 14% atau sebanyak 10.307 MW, Jawa 5% atau sebanyak 4.199 MW, Bali-Nusa Tenggara 1% atau sebanyak 624 MW. Sedangkan potensi tenaga air paling sedikit berada di daerah Maluku dengan sebanyak 430 MW.

Pembangkit listrik yang bersumber dari energi air selain PLTA adalah Pembangkit Listrik Tenaga minihidro dan mikrohidro (PLTM/MH). PLTM/MH pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air sebagai media utama untuk penggerak turbin dan generator. Tenaga mikrohidro memiliki skala daya yang dapat dibangkitkan antara 5 kilo watt hingga 50 kilo watt. Mikrohidro mempunyai tiga komponen utama yaitu air sumber energi, turbin dan generator (Sukamta & Kusmantoro, 2013). Berdasarkan data statistik EBTKE 2016, energi minihidro dan mikrohidro di Indonesia memiliki potensi sebesar 19.385 MW dan tersebar hampir diseluruh wilayah Indonesia.



Gambar. 6 Potensi minihidro dan mikrohidro di Indonesia (Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2016c)

Potensi minihidro dan mikrohidro paling besar terdapat di Kalimantan dengan persentase 42% atau sebesar 8.100 MW, Sumatra memiliki potensi dengan persentase 29% atau sebesar 5.737 MW, Jawa 15% atau sebanyak 2.910 MW, Sulawesi 9% atau sebanyak 1.668 MW, Papua 3% atau sebanyak 618 MW. Potensi minihidro dan mikrohidro paling sedikit berada di daerah Maluku 214 MW dan Bali-Nusa Tenggara 141 MW.

Indonesia sebagai negara maritim memiliki laut sebagai potensi terbesar. Kekayaan sumberdaya yang dimiliki oleh laut Indonesia dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik kelautan. Energi pasang surut di wilayah Indonesia terdapat pada banyak pulau. Masing-masing pulau memiliki selat dan teluk yang membatasinya. Hal ini memungkinkan untuk memanfaatkan energi pasang surut. Saat laut pasang dan saat laut surut aliran airnya dapat menggerakkan turbin untuk membangkitkan listrik. Dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) oleh PLN tahun 2018-2027 dijelaskan bahwa, energi kelautan yang menarik adalah energi arus laut dan pasang surut yang lebih akurat untuk dapat diprediksi potensi energi yang tersedia. Namun, perkembangan pembangkit listrik menggunakan energi kelautan masih dalam tahap penelitian. Sampai saat ini belum ada pabrikan teknologi konversi energi laut menjadi listrik yang sudah terbukti keandalannya untuk beroperasi komersial selama 5 tahun. Berdasarkan data statistik EBTKE Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2016c), potensi energi laut di Indonesia dibagi dalam teoritis, teknis dan praktis yang tersebar pada beberapa wilayah di Indonesia, diantaranya sebagai berikut:

Tabel 2. Potensi Energi Laut di Indonesia

Wilayah/Provinsi	Potensi (Satuan: MW)		
	Teoritis	Teknis	Praktis
Nusa Tenggara Barat	138.308	34.577	8.644
Kepulauan Riau	96.432	24.108	6.027
Jawa Barat-Lampung	36.367	9.092	2.273
Papua Barat	6.261	1.565	391
Nusa Tenggara Timur	5.335	1.334	333
Bali	5.119	1.280	320
Total	287.822	71.955	17.989

(Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2016c)

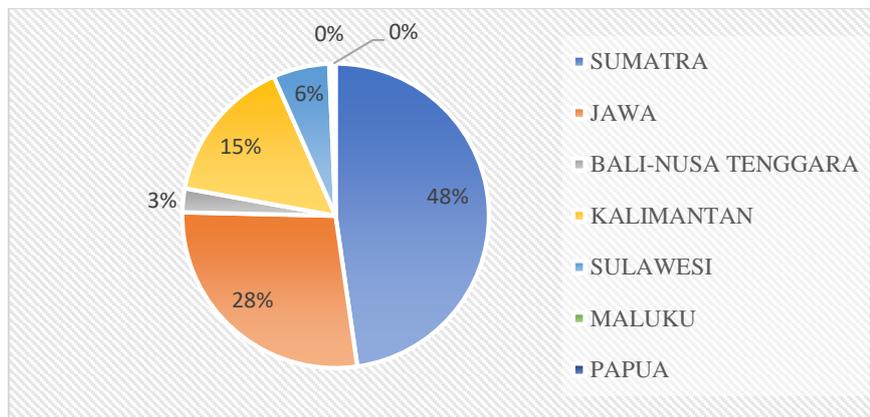
Berdasarkan tabel diatas, diketahui bahwa secara keseluruhan Indonesia memiliki potensi energi laut yang secara teoritisnya mencapai 287.822 MW, kemudian secara teknis 71.955 MW dan secara praktis 17.989 MW. Potensi terbesar terdapat di Nusa Tenggara Barat, kemudian disusul oleh Kepulauan Riau, Sumatra, dan terakhir di Bali.

c. Bioenergi

Bioenergi merupakan energi yang dibangkitkan oleh adanya sistem biologi. Bentuk fisik bioenergi dapat berupa akustik, termal, elektrik, kinetik dan bentuk lainnya. Selain

dalam bentuk fisik, bioenergi dapat berupa energi kimia di alam. Contoh dari bioenergi adalah energi ini tersimpan dalam ikatan energi antara terminal fosfat dengan fosfat lainnya dalam molekul adenosine triphosphate (ATP) (Hintz et al., 2003). Perpres No.22 Tahun 2017 tentang RUEN menyebutkan bahwa bioenergi terdiri dari dua jenis yaitu *Biomass/Biofuel* dan Biogas. *Biomass* dan *biofuel* merupakan energi yang didapatkan dari sawit, tebu, karet, kelapa, ubi kayu, dan kayu, sedangkan untuk biogas merupakan energi yang didapatkan dari kotoran ternak dan sampah kota. Sejak tahun 2015, pemerintah telah mendorong pengembangan dan pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (BNN) sebagai bagian energi terbarukan melalui program mandatori BNN dan penetapan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 12 tahun 2015. Potensi bioenergi di Indonesia adalah sebanyak 32.653,9 MW dan merupakan energi terbarukan dengan potensi terbesar kedua setelah tenaga air. Potensi bioenergi juga tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Sumberdaya bioenergi juga dapat dimanfaatkan di daerah-daerah terpencil.

Potensi bioenergi paling besar terdapat di Sumatra dengan persentase 48% atau sebesar 15.587,2 MW. Wilayah Jawa memiliki potensi dengan persentase 28% atau sebesar 9.023,4 MW, Kalimantan 15% atau sebanyak 5.061,3 MW, Sulawesi 6% atau sebanyak 1.937,3 MW, Bali-Nusa Tenggara 3% atau sebanyak 826,2 MW. Potensi bioenergi paling sedikit berada di daerah Papua yakni 151,4 MW dan Maluku 67,1 MW.



Gambar. 7 Potensi bioenergi di Indonesia
(Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2016c)

Peluang dan kontroversial mengenai kebijakan bioenergi selalu dikaitkan dalam keberlanjutan. Salah satu kontroversi dari penggunaan bioenergi adalah mengenai apakah bioenergi dapat diproduksi secara berkelanjutan dalam jumlah berlimpah yang dikarenakan adanya kesulitan dalam mengkomunikasikan dan menetapkan atribusi perubahan dari bahan bakar fosil menjadi bioenergi (Dale, Kline, Perla, & Lucier, 2013).

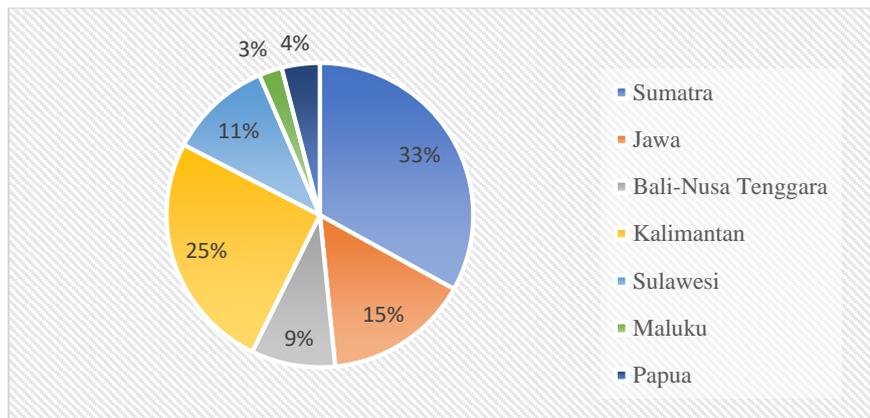
d. Tenaga surya

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumber daya alamnya. Indonesia yang terletak di sepanjang garis ekuator, menjadikan negara ini mendapatkan sinar matahari sepanjang tahun. Fenomena ini berpotensi untuk menjadikan sinar matahari menjadi sumber daya energi terbarukan di Indonesia. Menurut (Amin, Harun, & Suyuti, 2017), Indonesia yang letaknya di sepanjang equator dan memiliki garis pantai yang panjang memiliki potensi energi matahari yang sangat layak untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga surya dan pengembangan pembangkit listrik tenaga angin. energi matahari merupakan salah satu energi terbarukan yang dimanfaatkan melalui dua macam teknologi, yaitu teknologi fotovoltaik (PV) dan teknologi fototermik (surya termal).

Teknologi PV mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik melalui perangkat semikonduktor yang disebut sel surya, sedangkan teknologi surya termal memanfaatkan panas dan radiasi matahari dengan menggunakan alat pengumpul panas atau yang biasa disebut kolektor surya (Amin et al., 2017). Dua teknologi tersebut hanya

bersumber dari salah satu sumber energi terbarukan di Indonesia yang dapat digunakan baik secara terpusat maupun dapat diterapkan seperti skala kecil untuk rumah tangga, skala besar industri, atau komersial. Teknologi panel surya dapat diterapkan pada gedung-gedung di kota besar dengan memaksimalkan permukaan gedung menjadi pemanen tenaga surya yang dapat dikonversi menjadi sumber energi listrik tambahan untuk gedung tersebut. Bahkan, panel surya juga dapat diinstalasi di wilayah pesisir pantai dan dialirkan ke pemukiman sekitar pantai sebagai sumber energi listrik.

Indonesia sangat berpotensi dalam energi terbarukan tenaga surya, karena hanya memiliki dua iklim yaitu iklim panas dan hujan. Tenaga surya merupakan tenaga yang berasal dari cahaya matahari, dengan adanya musim panas Indonesia sangat berpotensi membuat pembangkit listrik dari energi ini. Berdasarkan data statistik EBTKE Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2016c), Indonesia memiliki potensi tenaga surya sebesar 207.898 MW dan merupakan potensi terbesar dari seluruh sumberdaya energi terbarukan.



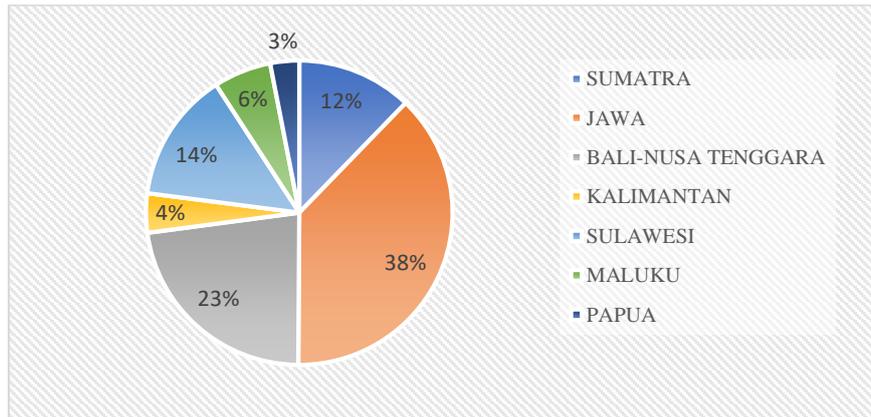
Gambar. 8 Potensi tenaga surya di Indonesia
(Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2016c)

Potensi tenaga surya paling besar terdapat di Sumatra dengan persentase 33% atau sebesar 68.749 MW. Daerah Kalimantan memiliki persentase 25% atau sebesar 52.725 MW, Jawa 15% atau sebanyak 31.869 MW, Sulawesi 11% atau sebanyak 22.700 MW, Bali-Nusa Tenggara 9% atau sebanyak 18.457 MW, Papua 4% atau sebanyak 8.342 MW. Potensi tenaga surya paling sedikit berada di daerah Maluku 3% atau sebanyak 5.056 MW.

e. Energi angin

Kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan dapat berpotensi untuk memanen energi angin di sepanjang garis pantai. Sumber energi angin berasal dari pergerakan udara akibat perubahan temperatur udara karena pemanasan dari radiasi matahari. Energi angin merupakan sumber energi terbarukan yang dapat diubah menjadi energi mekanis kemudian menjadi energi listrik melalui sistem konversi dengan mengubah energi kinetik dalam bentuk gerakan angin menjadi energi mekanis untuk mengoperasikan perlengkapan mekanis seperti pompa dan kincir. Energi mekanis kemudian digunakan untuk menggerakkan rotor dalam generator untuk menghasilkan listrik (Amin et al., 2017).

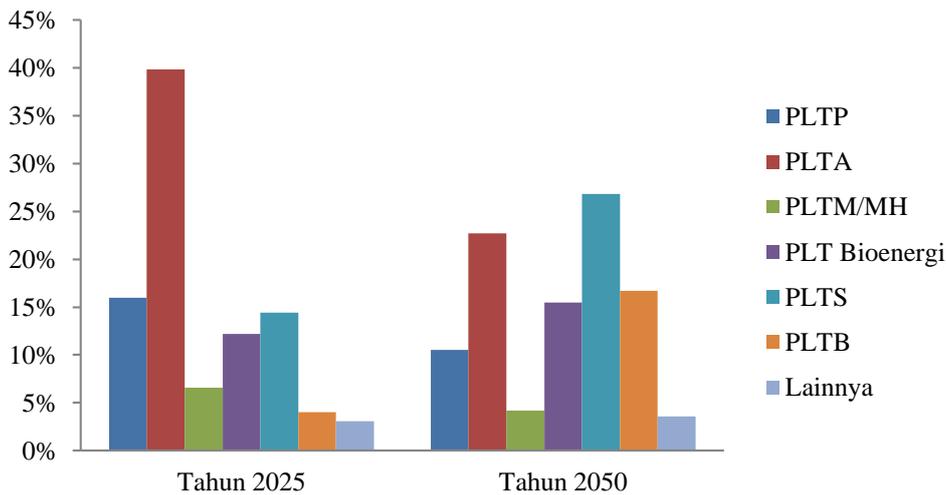
Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) yang merupakan pembangkit dengan sumber energi *intermittent*, menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang fluktuatif. PLTB mengkonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angina. Sumber energi angin berasal dari pergerakan udara akibat perubahan temperatur udara karena pemanasan dari radiasi matahari. Berdasarkan data statistik EBTKE Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2016c), potensi energi angin di Indonesia sebesar 60.647 MW dan tersebar hampir di seluruh wilayah di Indonesia.



Gambar. 9 Potensi tenaga Angin di Indonesia
(Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2016c)

Potensi energi angin paling besar terdapat di Jawa dengan persentase 38% atau sebesar 22.992 MW. Bali-Nusa Tenggara memiliki potensi dengan persentase 23% atau sebesar 13.812 MW, Sulawesi 14% atau sebanyak 8.380 MW, Sumatra 12% atau sebanyak 7.397 MW, Maluku 6% atau sebanya 3.692 MW, Kalimantan 4% atau sebanyak 2.526 MW. Potensi energi angin paling sedikit berada di daerah Papua 3% atau sebanyak 1.848MW.

Potensi energi terbarukan tersebar hampir diseluruh wilayah Indonesia, sehingga dalam Perpres No. 22 tahun 2017 tentang RUEN pemerintah membuat target pemanfaatan energi terbarukan secara optimal yang mesti dicapai pada tahun 2025 sampai dengan 2050. Pemerintah memiliki target dalam pemanfaatan energi terbarukan dalam rangka pengoptimalan energi di Indonesia.



Gambar. 10 Target pemanfaatan sumberdaya energi terbarukan
(Sumber: Perpres No.22 Tahun 2017 tentang RUEN)

Target pemanfaatan atau penggunaan energi terbarukan khusus untuk ketenagalistrikan, yaitu pada tahun 2025 peran energi terbarukan paling sedikit 23%, minyak bumi kurang dari 25%, batubara 30% dan gas bumi 22%. Pada tahun 2050, Indonesia memiliki target pemanfaatan atau penggunaan energi terbarukan paling sedikit 31%, minyak bumi kurang dari 20%, batubara minimal 25% dan gas bumi 24%. Target ini berfokus pada penambahan pemanfaatan energi terbarukan serta pengurangan pada penggunaan energi tidak terbarukan.

Potensi energi terbarukan yang terbilang sangat besar di Indonesia menyebabkan pemanfaatan energi terbarukan menjadi prioritas nasional yang sebelumnya hanya merupakan energi alternatif. Energi terbarukan memiliki banyak harapan dalam

pencapaiannya misalnya mengurangi dampak lingkungan, perubahan iklim, dan pemenuhan kebutuhan energi sehari-hari. Diversifikasi penggunaan energi dapat mengurangi konsumsi energi fosil (hidrokarbon). Energi terbarukan memiliki harapan dan potensi yang besar untuk pemenuhan kebutuhan energi, namun sampai sekarang energi terbarukan masih belum dimanfaatkan secara optimal. Energi terbarukan juga memiliki beberapa kekurangan terutama dalam hal pembiayaan. Menurut PNPM dalam buku panduan energi yang terbarukan, menyebutkan bahwa energi terbarukan memiliki kelebihan dan kekurangan.

Kelebihan yang dimiliki oleh energi terbarukan adalah ketersediaan bahan baku yang melimpah, mudah diperbaharui, ramah lingkungan, lebih murah dibandingkan energi konvensional dalam jangka panjang, bebas dari fluktuasi harga pasar terbuka bahan bakar fosil, beberapa teknologi mudah digunakan ditempat-tempat terpencil dan dapat diproduksi di berbagai tempat, serta tidak tersentralisir. Kekurangan dari energi terbarukan juga perlu dipertimbangkan, misalnya biaya awal untuk produksi energi terbarukan yang lumayan besar. Produksi energi terbarukan umumnya masih dalam skala kecil, teknologi energi terbarukan juga masih berkembang

Energi terbarukan di Indonesia memiliki potensi dan kelebihan yang besar, namun juga memiliki kekurangan yang juga hampir seimbang. Selain kekurangan dari energi terbarukan, juga terdapat beberapa tantangan yang mesti dihadapi yang mengakibatkan pemanfaatan potensi energi terbarukan yang kurang optimal, namun demikian pemerintah terus berupaya dalam pemanfaatan energi terbarukan dengan baik segala menerbitkan kebijakan-kebijakan terkait energi terbarukan, juga dengan target yang sudah diatur sampai 30 tahun kedepan.

3.3 Potensi Energi Nuklir sebagai Energi Tidak Terbarukan untuk Pembangkit Listrik

Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) merupakan salah satu pembangkit tenaga listrik yang menggunakan energi tidak terbarukan, yaitu dengan menggunakan bahan bakar uranium dengan satu atau beberapa reaktor nuklir untuk menghasilkan energi termal. PLTN memiliki ciri yang padat modal, padat teknologi, kepadatan energinya besar (*energy content*) dan waktu kawal (*lead time*) pembangunannya cukup panjang. Maka dari itu untuk membangun reaktor nuklir diperlukan persiapan yang matang dengan persiapan infrastruktur yang sedini mungkin. Sampai saat ini PLTN di Indonesia masih belum terealisasi dikarenakan oleh berbagai faktor yang mempengaruhi, diantaranya karena adanya krisis ekonomi yang terjadi di tahun 1997 dan krisis global pada tahun 2007 (Sriyana & Birmano, 2012). Persiapan pembangunan PLTN di Indonesia diasistensi oleh Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA, *International Atomic Energy Agency*) dengan melakukan studi evaluasi mengenai kesiapan infrastruktur PLTN baik yang *soft* maupun yang *hard infrastructure* (Sriyana & Birmano, 2012).

Reaktor daya nuklir saat ini masih menggunakan uranium sebagai bahan bakar dengan pengayaan 2-5%. Uranium adalah unsur utama diantara bahan radioaktif alami yang ada di dalam bebatuan terutama batuan beku dan metamorfosa dari batuan sedimen yang bersifat asam (Bastori & Birmano, 2018). Energi listrik sebesar 7.884 GWh dapat dibangkitkan oleh PLTN dengan kapasitas 1000 MW dalam setahun. Jika pembakaran bahan bakar uranium yang digunakan adalah 43 GWh/ton, maka kebutuhan bahan bakar nuklir per tahun sekitar 28,93 ton. Untuk memproduksi bahan bakar nuklir sebanyak itu diperlukan uranium alam U3O8 (*yellow cake*) sebanyak 244.68 ton atau setara dengan 108.362,2 ton bijih uranium.

Indonesia diperkirakan memiliki cadangan uranium sekitar 70.000 ton dalam bentuk *yellow cake* (U3O8) yang kebanyakan berada di Kalimantan Barat, Papua, Bangka Belitung dan Sulawesi Barat. Hitungan tersebut menunjukkan bahwa cadangan uranium yang tersedia hanya bisa memasok PLTN selama 40 tahun apabila Indonesia mengeksplorasi seluruh cadangan uranium yang ada (Bastori & Birmano, 2018). Walaupun jumlah uranium dunia masih cukup, namun penggunaan uranium secara terus-menerus akan

mengakibatkan jumlah cadangannya semakin menipis (Dewita, 2012). Maka dari itu, dalam upaya menjaga ketahanan energi nuklir diperlukan sumber energi alternatif.

Saat ini, peneliti melakukan riset mengenai potensi thorium sebagai bahan bakar nuklir alternatif untuk PLTN yang ditinjau dari aspek sumber daya alam. Thorium merupakan bahan fertile yang apabila menyerap neutron akan menjadi bahan fisil Uranium-233 yang dalam reaktor nuklir dapat menghasilkan reaksi berantai sehingga dapat digunakan sebagai bahan bakar PLTN. Potensi thorium sebagai bahan bakar nuklir alternatif sangat besar karena sumberdaya thorium yang sangat besar dibandingkan dengan jumlah uranium dan tersebar di dunia (Dewita, 2012). Di Indonesia sendiri, potensi kandungan thorium diperkirakan mencapai 210.000 - 270.000 ton, yang tersimpan di Bangka, Kalimantan Barat dan Sulawesi Barat (BATAN, 2016). Selain itu, penggunaan bahan bakar basis thorium juga mengurangi jumlah limbah radioaktif (Dewita, 2012).

3.4 Tantangan penyediaan energi listrik

Tantangan dalam mengembangkan penyediaan energi listrik terutama energi terbarukan di Indonesia cukup banyak terutama dalam teknologi dan investasi. Selain itu, persepsi masyarakat menjadi penghambat untuk membangun pembangkit listrik menggunakan energi ramah lingkungan. Berikut akan dijabarkan mengenai tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia.

a. Teknologi dan Investasi

Energi terbarukan di Indonesia dengan berbagai potensi yang dimiliki patut untuk dikembangkan dan dimanfaatkan secara optimal. Namun, dalam proses pemanfaatannya memang tidak bisa berjalan dengan baik. Menurut Raza *et al.* (2017), ada beberapa hambatan yang biasanya dihadapi dalam pengembangan teknologi alternatif, yaitu pasar, teknis, penerimaan sosial dan hambatan peraturan politik. Di beberapa wilayah, hambatan tersebut lebih mengarah ke pasar, dan beberapa cenderung ke masalah teknologi. Beberapa hambatan tersebut antara lain: (1) Akses transmisi, (2) Ahli teknis (3) Investasi modal (4) Larangan instalasi dan konstruksi, (5) Kurangnya koordinasi dari institusi pemerintah, (6) Kesadaran masyarakat, (7) Penilaian sumber daya, (7) Kegagalan pasar. Menurut Arif (2016) dalam Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2017a) hambatan dalam pengembangan energi terbarukan di Indonesia lebih pada masalah sosial dan politik, terutama sekali pada paradigma pengambil kebijakan negeri ini yang menganggap bahwa energi terbarukan masih mahal dan hanya cocok diterapkan di negara-negara maju seperti negara-negara Skandinavia dan Eropa Barat. Sedangkan bagi negara berkembang seperti Indonesia, batubara dan bahan bakar fosil lainnya masih merupakan pilihan yang tepat.

Pemerintah perlu melakukan evaluasi dalam mengembangkan pembangkit energi terhadap pembangkit energi tersebut baik dari aspek teknologi maupun ekonomi dengan beberapa kriteria. Menurut Ribeiro *et al.* (2019), dalam melakukan evaluasi terhadap pembangkit energi terdapat beberapa kriteria yang harus dipertimbangkan dari aspek teknologi, yaitu koefisien efisiensi (*efficiency coefficient*), ketersediaan (*availability*), kapasitas (*capacity*) dan rasio cadangan/produksi (*Reserve/Production Ratio*). Sedangkan dari aspek ekonomi perlu mempertimbangkan biaya modal, biaya bahan bakar, biaya eksternal dan biaya operasional dan pemeliharaan. Pengembangan energi terbarukan di Indonesia yang merupakan negara berkembang memang akan sangat kesulitan dalam hal penyediaan teknologi yang memadai, selain itu juga jenis teknologi khususnya pada teknologi pembangkit listrik akan berpengaruh terhadap biaya pembangkitan listrik, karena setiap pembangkit mempunyai biaya investasi, biaya operasi dan perawatan, dan biaya bahan bakar yang berbeda-beda. Saat ini, pembangkit listrik berbahan bakar fosil relatif lebih murah biaya pembangkitannya dibandingkan dengan pembangkit berbasis energi terbarukan.

Aspek ekonomi sangat erat kaitannya dengan investasi. Biaya investasi sistem energi terbarukan terdiri dari semua biaya yang berkaitan dengan pembelian peralatan mekanik, instalasi teknologi, pembangunan jalan dan koneksi ke jaringan nasional, layanan teknik, pengeboran dan biaya konstruksi insidental yang lain. Pada saat ini biaya investasi untuk energi terbarukan masih tetap tinggi. Namun, untuk tujuan nasional terkait lingkungan dan energi, biaya investasi tersebut perlu dievaluasi untuk menentukan apakah penggunaan energi terbarukan lebih efisien dibanding dengan menggunakan energi tidak terbarukan (Shen, Lin, Li, & Yuan, 2010).

Kebijakan yang ditetapkan oleh pemerintah berpengaruh terhadap minat investor untuk menanamkan modal di Indonesia untuk sektor energi listrik. Hambatan untuk berinvestasi telah mengakibatkan penurunan investasi baru ke Indonesia untuk pengembangan energi terbarukan. Hambatan tersebut meliputi peraturan yang kompleks dan ketidakpastian kebijakan yang persisten, biaya awal yang tinggi, pengembangan proyek dan risiko teknis, masalah pembebasan lahan, kepemilikan lokal, informasi dan kesadaran yang terbatas, serta terbatasnya infrastruktur transmisi dan distribusi. Kebijakan dalam pembatasan dalam penentuan tarif, penentuan skala proyek serta pembatasan kepemilikan merupakan beberapa hal yang membuat investor mengurungkan niat untuk berinvestasi (Kennedy, 2018). Dampak dari kurangnya permintaan investor dalam energi terbarukan, menyebabkan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) seperti PLN menjadi kesulitan terutama dalam pengembangan energi terbarukan mengingat kebutuhan investasi sektor ketenagalistrikan yang sangat besar, PLN tidak dapat secara sendirian membangun seluruh kebutuhan pembangkit baru.

b. Persepsi Masyarakat

Sambodo and Novandra (2019) menyatakan bahwa akses energi listrik memiliki pengaruh terhadap kesejahteraan masyarakat. Akses energi listrik secara langsung berdampak pada peningkatan penggunaan peralatan-peralatan listrik misalnya lampu penerangan, radio, televisi, mesin-mesin bertenaga listrik dan peralatan listrik lainnya. Peralatan-pralatan listrik ini sangat penting dalam menunjang kehidupan dan aktivitas masyarakat. Secara tidak langsung, keberadaan energi listrik meningkatkan produktivitas dan kualitas kerja, kesehatan, kualitas makanan, efektivitas dalam produksi makanan, meningkatkan kualitas pendidikan, dan lain sebagainya. Akses energi tidak hanya terkait dengan peningkatan pendapatan, tetapi juga terkait dengan keadilan sosial. Akses energi listrik berkontribusi terhadap peningkatan standar hidup masyarakat. Oleh karena itu, pemerintah perlu untuk meningkatkan pemerataan akses energi listrik ke seluruh wilayah Indonesia.

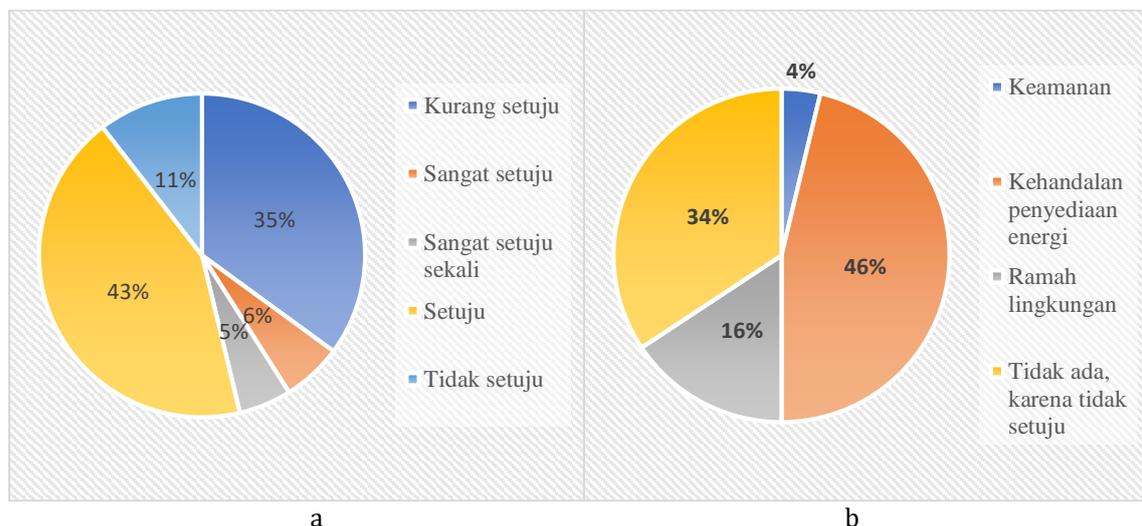
Pemerataan akses energi dapat dilakukan dengan peningkatan produksi energi listrik untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik di seluruh lapisan masyarakat, baik masyarakat kota maupun masyarakat pedalaman. Lebih dari 20% rumah tangga di daerah pedalaman yang belum mendapatkan akses energi listrik. Upaya peningkatan produksi listrik dapat dilakukan dengan mengoptimalkan sumber energi yang sudah ada dan menggunakan energi alternatif sebagai sumber energi tambahan, yakni energi terbarukan dan energi listrik (Marquardt, 2014). Pada saat ini, daerah yang memiliki tingkat konsumsi energi listrik tinggi umumnya adalah daerah perkotaan.

Survei terhadap masyarakat di Jabodetabek terkait energi terbarukan dan energi tidak terbarukan sebagai pembangkit energi listrik telah dilakukan. Hasil dari survei persepsi masyarakat menunjukkan bahwa masyarakat perkotaan terutama di Jabodetabek sadar bahwa Indonesia tengah menghadapi masalah perubahan iklim. Pertanyaan yang diajukan dalam survei menanyakan pendapat responden terkait keseriusan masalah perubahan iklim yang terjadi saat ini. Menurut responden, masalah perubahan iklim adalah masalah yang serius, bahkan kebanyakan dari responden menjawab sangat serius. Sebagian besar responden memiliki pemahaman yang cukup terhadap dampak dari penggunaan sumber energi tidak terbarukan dari energi fosil, energi terbarukan dan energi nuklir. Informasi ini

dapat dilihat pada pertanyaan survei yang menanyakan pendapat mereka tentang kontribusi penggunaan sumber energi tidak terbarukan, energi terbarukan dan energi nuklir terhadap lingkungan.

Pemerintah saat ini sedang berupaya untuk dapat meningkatkan kontribusi energi terbarukan di dalam bauran energi nasional untuk meningkatkan ketahanan energi nasional. Pemerintah dapat menggunakan perspektif pilihan publik sebagai instrumen untuk menetapkan kebijakan terkait energi dan kebijakan terkait perubahan iklim, sehingga dapat meningkatkan peran seluruh pemangku kepentingan dalam pengambilan kebijakan (Arent, Arndt, Miller, Tarp, & Zinaman, 2017). Masyarakat ternyata lebih mendukung penggunaan energi terbarukan sebagai pembangkit energi listrik. Hasil survei menunjukkan 52% dari responden menyatakan bahwa mereka sangat setuju dengan penggunaan energi terbarukan untuk pembangkit listrik dan hanya 1% yang tidak setuju. Energi surya menjadi pilihan terbanyak dari sumber energi terbarukan untuk pembangkit energi listrik.

Pemahaman responden terhadap dampak penggunaan energi tidak terbarukan membuat sebagian besar responden tidak merekomendasikan penggunaan energi tidak terbarukan sebagai pembangkit energi listrik. 56% responden menyatakan kurang setuju dengan penggunaan energi fosil sebagai pembangkit listrik. Namun, 44% responden ternyata setuju dengan penggunaan energi nuklir sebagai sumber energi pembangkit listrik dan 43% dari mereka setuju apabila PLTN dioperasikan di Indonesia. Aspek kehandalan energi yang ditawarkan oleh energi nuklir membuat 46% dari mereka setuju dengan penggunaan energi nuklir. Responden juga menganggap energi nuklir lebih ramah lingkungan. 16% dari responden memilih aspek ramah lingkungan sebagai alasan terpilihnya energi nuklir.

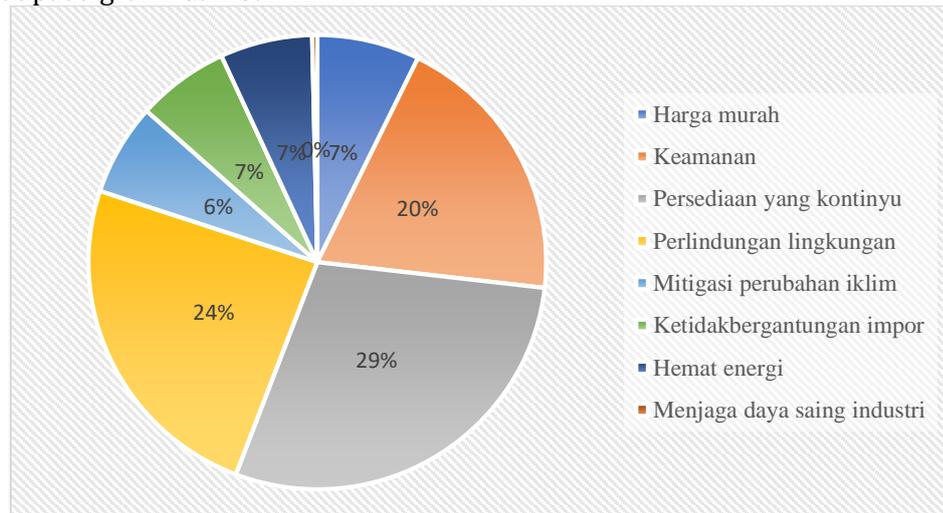


Gambar. 11 Persepsi masyarakat terhadap PLTN (a) Persepsi masyarakat terhadap PLTN di Indonesia (b) Alasan responden mendukung PLTN

Pemerintah perlu mempertimbangkan risiko dan peluang terkait penyediaan energi. Indikator keamanan energi dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan ketika akan mengembangkan suatu proyek pengembangan di sektor energi maupun dalam pengambilan kebijakan ekspor atau impor energi (Ralph & Hancock, 2019). Indikator keamanan energi dapat meliputi ketersediaan (*availability*), terjangkau (*affordability*), pengembangan teknologi dan efisiensi (*technology development and efficiency*), keberlanjutan lingkungan dan sosial (*environmental and social sustainability*), regulasi dan pemerintahan (*regulation and governance*) (Sovacool & Mukherjee, 2011). Jenis teknologi dan kebijakan yang digunakan juga harus dipikirkan dengan memprioritaskan pelibatan

masyarakat dan menilai kebutuhan masyarakat, keterjangkauan, kemudahan akses serta kesetaraan.

Masyarakat ternyata lebih merekomendasikan penggunaan energi terbarukan untuk dapat dikembangkan sebagai sumber energi pembangkit listrik di masa depan. Informasi ini diperoleh dari hasil survei yang menanyakan perihal energi yang dapat diandalkan pada 30 tahun mendatang. Energi terbarukan yang terpilih sebagai energi masa depan adalah energi surya dan bioenergi. Energi nuklir juga memiliki peluang besar untuk dapat dikembangkan sebagai energi alternatif. Sebanyak 14% dari responden merekomendasikan energi nuklir sebagai sumber energi yang dapat diandalkan di masa depan. Sedangkan untuk pengambilan kebijakan terkait energi, masyarakat merekomendasikan agar pemerintah dapat memprioritaskan aspek kehandalan penyediaan energi untuk penyediaan energi secara kontinu, perlindungan terhadap lingkungan dan keamanan bagi masyarakat. Hasil survei mengenai pengambilan kebijakan oleh masyarakat terkait energi dapat dilihat pada grafik Gambar 12.



Gambar. 12 Persepsi msyarakat terhadap prioritas dalam pengambilan kebijakan energi

3.5 Strategi dan kebijakan terkait penyediaan energi listrik di Indonesia

Pengembangan energi berkelanjutan merupakan tanggungjawab bersama. Setiap *stakeholders* memiliki perannya masing-masing dalam menjaga komitmen untuk pemanfaatan energi terbarukan lebih banyak dan optimal. Kebijakan tentang energi terbarukan yang saling bersinergi antar satu dengan yang lainnya juga diperlukan, terutama untuk energi listrik, sehingga tujuan energi yang berkelanjutan dapat tercapai dan dapat tersebar merata diseluruh wilayah Indonesia.

Menurut Wee *et al.*, (2012) ada beberapa strategi yang bisa diterapkan untuk mengembangkan energi terbarukan, yaitu keterlibatan pemerintah dan peneliti, keterlibatan pemerintah diperlukan untuk memberikan bantuan keuangan dan /atau kompensasi pajak dalam mempromosikan energi terbarukan. Pemerintah memainkan peran kunci dalam komersialisasi energi terbarukan ke pasar. Selanjutnya adalah mengkomersialkan penggunaan energi terbarukan, energi terbarukan harus menjadi komoditas ekonomi yang terjangkau, jaringan distribusi energi terbarukan yang baik, dan memilih teknologi penyimpanan karena teknologi penyimpanan adalah sistem yang utam dalam pengembangan energi terbarukan. Menurut Hidayatno, Destyanto dan Handoyo (2019) pemerintah Indonesia dalam hal pengembangan energi terbarukan harus memberikan subsidi yang baik untuk pengembangan kepada industri energi terbarukan agar supaya bisa bersaing dengan industri energi tidak terbarukan. Dengan implementasi yang baik, klaster industri bertenaga energi terbarukan akan membawa solusi berkelanjutan bagi Indonesia untuk mencapai tujuannya. Ini akan menguntungkan secara finansial, menciptakan lebih banyak pembukaan lapangan kerja dan meningkatkan tingkat

pekerjaan, dan memiliki emisi rendah untuk menjaga lingkungan sebaik mungkin. (Hidayatno et al., 2019)

Pemerintah telah menetapkan kebijakan dengan mengeluarkan peraturan tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dalam Perpres No. 22 tahun 2017 yang juga merupakan amanat dari UU No. 30 tahun 2007 tentang energi. Strategi pengembangan energi secara berkelanjutan oleh pemerintah Indonesia dapat juga dilihat dengan kebijakan konservasi energi. UU No. 30 tahun 2007 tentang energi yang menyebutkan bahwa konservasi sumber daya energi adalah pengelolaan sumberdaya energi yang menjamin pemanfaatannya dan persediaannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai dan keanekaragamannya. Kebijakan ini sejalan dengan tujuan dari pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*), yang khusus membahas energi pada poin ke-7 tentang energi dengan tujuan untuk pengelolaan energi secara berkelanjutan dan dapat dijangkau oleh seluruh masyarakat.

Pemerintah perlu melakukan langkah-langkah strategis untuk dapat memenuhi kebutuhan energi listrik yang lebih berkelanjutan. Menurut Dutu (2016), kebijakan sektor energi dapat ditingkatkan pada pengembangan energi terbarukan yang potensinya sangat besar di Indonesia. Potensi energi terbarukan masih belum dimanfaatkan dengan optimal. Penggunaan sumber energi gas alam juga dapat dimanfaatkan untuk mengurangi proporsi penggunaan sumber energi fosil yang lainnya sambil menunggu kemampuan energi terbarukan. Gas alam merupakan salah satu sumber energi utama yang juga kompetitif dari segi ketersediaan, harga dan dampaknya terhadap lingkungan jika dibandingkan dengan batubara dan minyak bumi.

Pemerintah juga perlu meningkatkan investasi dari sektor swasta dengan menyederhanakan regulasi yang mengatur sektor energi terutama masalah perijinan. Kelonggaran dalam memperbesar skala proyek pembangkit energi terbarukan merupakan salah satu upaya investor untuk dapat meminimalkan biaya proyek dan memaksimalkan pengembalian modal (Kennedy, 2018). Kebijakan terkait tarif dan distribusi energi listrik dari sumber energi terbarukan juga perlu dipertimbangkan dengan baik. Perlindungan terhadap lingkungan juga perlu dilakukan, yaitu dengan menetapkan regulasi perlindungan lingkungan dan mengontrol ekstraksi sumber energi secara illegal (Dutu, 2016).

4. Kesimpulan

Diversifikasi energi di Indonesia perlu ditingkatkan untuk dapat memenuhi kebutuhan energi sekarang dan masa depan yang lebih berkelanjutan. Potensi energi terbarukan yang dimiliki Indonesia sangat besar. Potensi ini belum dimanfaatkan secara optimal. Beberapa potensi energi terbarukan yang dapat diandalkan untuk dikembangkan di Indonesia sebagai pembangkit listrik adalah energi panas bumi, tenaga air, bioenergi, tenaga surya, energi angin. Pada saat ini energi terbarukan yang lebih banyak dimanfaatkan adalah energi panas bumi, tenaga air dan bioenergi. Namun, pemanfaatan dari ketiga energi tersebut dalam bauran energi masih relatif kecil. Potensi terbesar untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik adalah energi surya. Kapasitas terpasang dan pemanfaatan energi surya perlu ditingkatkan mengingat keberadaannya yang melimpah dan murah.

Hasil survei menunjukkan bahwa 52% masyarakat setuju dengan penggunaan energi terbarukan dan sebanyak 43% setuju bahwa penggunaan energi nuklir sebagai sumber energi listrik terbarukan, alasan pemilihan energi nuklir adalah karena kehandalan penyediaan energi. Dalam prioritas pengambilan kebijakan energi untuk 30 tahun mendatang masyarakat memilih energi terbarukan sebagai energi masa depan adalah energi surya dan bioenergi dengan tiga hal utama yang menjadi prioritas adalah persediaan yang kontinyu (29%), perlindungan lingkungan (24%) dan keamanan (20%). Dengan prioritas pengambilan kebijakan energi untuk masa depan, pemerintah Indonesia mewujudkannya dalam kebijakan terkait konservasi energi yang dimana pengelolaan dan

pemanfaatan serta penyediaannya yang akan tetap terpelihara. Selain itu strategi yang bisa dilakukan adalah dengan meningkatkan investasi dari sektor swasta dengan menyederhanakan regulasi yang mengatur sektor energi terutama masalah perizinan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kepada Dosen pengampu mata kuliah Sitem Kehidupan Manusia dan Lingkungan yang telah membimbing dan membantu dalam proses pembuatan artikel ini.

Open Access

©2024. Artikel ini dilisensikan di bawah Lisensi Internasional Creative Commons Attribution 4.0, yang mengizinkan penggunaan, berbagi, adaptasi, distribusi, dan reproduksi dalam media atau format apa pun. selama Anda memberikan kredit yang sesuai kepada penulis asli dan sumbernya, berikan tautan ke lisensi Creative Commons, dan tunjukkan jika ada perubahan. Gambar atau materi pihak ketiga lainnya dalam artikel ini termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel tersebut, kecuali dinyatakan lain dalam batas kredit materi tersebut. Jika materi tidak termasuk dalam lisensi Creative Commons artikel dan tujuan penggunaan Anda tidak diizinkan oleh peraturan perundang-undangan atau melebihi penggunaan yang diizinkan, Anda harus mendapatkan izin langsung dari pemegang hak cipta. Untuk melihat salinan lisensi ini, kunjungi: <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

References

- Alimah, S., & Dewita, E. (2008). Pemilihan teknologi produksi hidrogen dengan memanfaatkan energi nuklir. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 10(2), 123–132. <http://dx.doi.org/10.17146/jpen.2008.10.2.1426>
- Amin, I., Harun, N., & Suyuti, A. (2017). Studi potensi energi terbarukan di kawasan timur Indonesia berbasis analisis RETScreen internasional. *Jurnal Insypro (Information System and Processing)*, 2(2), 1–14. <https://doi.org/10.24252/insypro.v2i2.4066>
- Arent, D., Arndt, C., Miller, M., Tarp, F., & Zinaman, O. (2017). *The political economy of clean energy Transitions*. United Kingdom: OXFORD University Press. <https://library.oapen.org/bitstream/id/33d25f0e-62b8-4074-b973-6f0f6e853170/629602.pdf>
- Bastori, I., & Birmano, M. D. (2018). Analisis ketersediaan uranium di Indonesia untuk kebutuhan PLTN tipe PWR 1000 MWe. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 19(2), 95–102. <https://media.neliti.com/media/publications/238330-none-c047da07.pdf>
- BATAN. (2016). Indonesia Kaya Thorium, Bagaimana Prospeknya.
- Dale, V. H., Kline, K. L., Perla, D., & Lucier, A. (2013). Communicating about bioenergy sustainability. *Environmental Management*, 51(2), 279–290. <https://doi.org/10.1007/s00267-012-0014-4>
- Dewita, E. (2012). Analisis potensi thorium sebagai bahan bakar nuklir alternatif PLTN. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 14(1), 45–56. <http://dx.doi.org/10.17146/jpen.2012.14.1.1476>
- Dutu, R. (2016). Challenges and policies in Indonesia's energy sector. *Energy Policy*, 98, 513–519. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.009>
- Harjanto, N. T. (2008). Dampak lingkungan pusat listrik tenaga fosil dan prospek pltn sebagai sumber energi listrik nasional . *Jurnal BATAN*, (1), 39–50. <https://doi.org/10.1038/sj.emboj.7601044>
- Hasan, M. H., Mahlia, T. M. I., & Nur, H. (2012). A review on energy scenario and sustainable energy in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2316–2328.

- <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.12.007>
- Hidayatno, A., Destyanto, A. R., & Handoyo, B. A. (2019). A conceptualization of renewable energy-powered industrial cluster development in Indonesia. *Energy Procedia*, 156(September 2018), 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.074>
- Hintz, K. J., Yount, G. L., Kadar, I., Schwartz, G., Hammerschlag, R., & Lin, S. (2003). Bioenergy definitions and research guidelines. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 9(3 SUPPL.).
- IRENA. (2017). Renewable Energy Prospects: Indonesia. In *REmap 2030*. <https://doi.org/10.1145/347642.347800>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016a). *Data Inventory Emisi GRK Sektor Energi*. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-data-inventory-emisi-grk-sektor-energi-pdf>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016b). *Indonesia Energi Outlook 2016*. https://www.esdm.go.id/assets/media/content/outlook_energi_indonesia_2016_opt.pdf
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016c). *Statistik EBTKE 2016*. Jakarta: Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2017/03/07/1583/statistik.ebtke.2016>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2017a). Kajian Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batubara, Ebt dan Listrik. In *Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral*. Retrieved from <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjHsaPE2vPIAhX7wzgGHdZWBvYQFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Fwww.esdm.go.id%2Fassets%2Fmedia%2Fcontent%2Fcontent-kajian-penyediaan-dan-pemanfaatan-energi-2017.pdf&usg=AO>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2017b). *Statistik Ketenagalistrikan tahun 2016*. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-statistik-ketenagalistrikan-tahun-2016-1.pdf>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (PERSERO) Tahun 2018 s.d 2027*. , Pub. L. No. Nomor 1567 K/21/MEM/2018 (2018).
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018b). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT. PLN (Persero) tahun 2018-2027 (Vol. 1)*.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2019a). *Handbook Of Energy & Economic Statistics Of Indonesia 2018*. 73.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2019b). Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2018. In *Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kennedy, S. F. (2018). Indonesia's energy transition and its contradictions: Emerging geographies of energy and finance. *Energy Research and Social Science*, 41(June 2017), 230–237. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.04.023>
- Kholiq, I. (2015). Pemanfaatan energi alternatif sebagai energi terbarukan untuk mendukung substitusi bbm. *Jurnal IPTEK*, 19, 75–91. [https://doi.org/10.1016/S1877-3435\(12\)00021-8](https://doi.org/10.1016/S1877-3435(12)00021-8)
- Marquardt, J. (2014). A Struggle of Multi-level Governance: Promoting Renewable Energy in Indonesia. *Energy Procedia*, 58, 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.413>
- Presiden Republik Indonesia. *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2017 Tentang Rencana Umum Energi Nasional*. , (2017). <https://jdih.esdm.go.id/peraturan/Perpres%2022%20Tahun%202017.pdf>
- Ralph, N., & Hancock, L. (2019). Energy security, transnational politics, and renewable electricity exports in Australia and South east Asia. *Energy Research and Social Science*,

- 49(December 2018), 233–240. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.10.023>
- Raza, W., Saula, H., Islam, S. U., Ayub, M., Saleem, M., & Raza, N. (2017). *Renewable energy resources current status and barriers in their adaptation for Renewable Energy Resources Current Status and Barriers in their Adaptation for Pakistan*. (December).
- Ribeiro, V. H. V., Alencar, B. T. B., dos Santos, N. M. C., da Costa, V. A. M., dos Santos, J. B., Francino, D. M. T., ... Silva, D. V. (2019). Sensitivity of the macrophytes *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes* to hexazinone and dissipation of this pesticide in aquatic ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 168(October 2018), 177–183. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.021>
- Salim, R. A., Hassan, K., & Shafiei, S. (2014). Renewable and non-renewable energy consumption and economic activities: Further evidence from OECD countries. *Energy Economics*, 44, 350–360. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.05.001>
- Sambodo, M. T., & Novandra, R. (2019). The state of energy poverty in Indonesia and its impact on welfare. *Energy Policy*, 132(October 2018), 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.05.029>
- Shen, Y. C., Lin, G. T. R., Li, K. P., & Yuan, B. J. C. (2010). An assessment of exploiting renewable energy sources with concerns of policy and technology. *Energy Policy*, 38(8), 4604–4616. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.04.016>
- Sovacool, B. K., & Mukherjee, I. (2011). Conceptualizing and measuring energy security: A synthesized approach. *Energy*, 36(8), 5343–5355. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.06.043>
- Sriyana, & Birmano, M. D. (2012). Industri nasional dan kendalanya untuk berpartisipasi dalam pembangunan pltn. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 14(2), 127–135.
- Sugiawan, Y., & Managi, S. (2016). The environmental Kuznets curve in Indonesia: Exploring the potential of renewable energy. *Energy Policy*, 98, 187–198. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.08.029>
- Sukanta, S., & Kusmantoro, A. (2013). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Elektro Unnes*, 5(2), 58–63. <https://doi.org/10.15294/jte.v5i2.3555>
- Tuna, G., & Tuna, V. E. (2019). The asymmetric causal relationship between renewable and NON-RENEWABLE energy consumption and economic growth in the ASEAN-5 countries. *Resources Policy*, 62(March), 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.03.010>
- Wee, H. M., Yang, W. H., Chou, C. W., & Padilan, M. V. (2012). Renewable energy supply chains, performance, application barriers, and strategies for further development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 5451–5465. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.06.006>

Biografi Penulis

NOVIANA BAYU ALNAVIS, mahasiswa Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia.

- Email: noviana.alnavis@gmail.com
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

RIVALDO RESTU WIRAWAN, mahasiswa Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia.

- Email: rivaldoestuwirawan@gmail.com
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

KARINA INDAH SOLIHAH, mahasiswa Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia.

- Email: karinaindahsolihah@gmail.com
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -

VANADI HELMY NUGROHO, mahasiswa Sekolah Ilmu Lingkungan, Universitas Indonesia.

- Email: vanadi.helmy@ui.ac.id
- ORCID: -
- Web of Science ResearcherID: -
- Scopus Author ID: -
- Homepage: -