

Model Energi Indonesia, Tinjauan Potensi Energy Terbarukan Untuk Ketahanan Energi Di Indonesia: Literatur Review

^{1,2)} **Rosyid Ridlo Al Hakim***

¹⁾ Program Studi Biologi Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman
Universitas Jenderal Soedirman

Jl. DR. Soeparno No. 63 Purwokerto Jawa Tengah

²⁾ Tim Wakil Sekretaris Jenderal Riset dan Kajian
DEM Indonesia

Sekretariat Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12.5 Pekanbaru Riau

*Email: rosyid.hakim@mhs.unsoed.ac.id

ABSTRACT

Energy is a necessity that society needs. The increasing number of population in Indonesia has increased the use of energy, in this case, the role of non-renewable energy is increasingly threatened, so that it is necessary to utilize and maximize the potential of new and renewable energies that exist throughout Indonesia, such as geothermal, hydropower, wind energy, bioenergy (bioethanol), biodiesel, biomass), ocean current energy, nuclear energy, and solar energy. This review article is an overview of the potential of new and renewable energy in Indonesia. It is hoped that the use of new renewable energy can be started by people who use small-scale energy so that they can protect the environment, support sustainable development, and support national energy security.

Keywords: Renewable energy, Energy security, electrical energy, green energy, fuel oil

ABSTRAK

Energi merupakan sebuah keharusan yang dibutuhkan masyarakat. Meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia menjadikan peningkatan penggunaan energi, dalam hal ini peran energi tidak terbarukan semakin terancam, sehingga perlunya memanfaatkan dan memaksimalkan potensi-potensi energi baru terbarukan yang ada di seluruh wilayah Indonesia seperti panas bumi, energi air, energi angin, bioenergi (bioetanol, biodiesel, biomassa), energi arus laut, energi nuklir, dan energi surya. Artikel ulasan ini merupakan peninjauan potensi-potensi energi baru terbarukan yang ada di Indonesia. Pemanfaatan energi baru terbarukan harapannya dapat dimulai dari masyarakat yang memanfaatkan energi berskala kecil sehingga dapat menjaga lingkungan, mendukung pembangunan berkelanjutan, dan mendukung ketahanan energi nasional.

Kata Kunci: Energi baru terbarukan, ketahanan energi, listrik, green energy, bahan bakar minyak

1. PENDAHULUAN

Energi sudah menjadi bagian dari kebutuhan masyarakat di negara mana pun, termasuk Indonesia. Seiring berjalannya waktu, jumlah penduduk Indonesia yang semakin bertambah memungkinkan penggunaan energi yang meningkat pula. Kebutuhan energi di masyarakat

sebagai ujung tombak berbagai sektor kehidupan manusia seperti pertanian, pendidikan, kesehatan, transportasi, dan ekonomi (Azirudin, 2019).

Pada 2018 Total Produksi Energi Primer (TPEP) Indonesia terdiri atas minyak bumi, gas bumi, batu bara, dan energi terbarukan dengan angka 411,6 MTOE. Sebanyak 64% atau sekitar 261,4 MTOE digunakan untuk ekspor batu bara dan gas alam cair (LNG). Indonesia juga mengimpor minyak mentah untuk pembuatan bahan bakar minyak hingga mencapai 43,2 MTOE dan sejumlah kecil batu bara berkalori tinggi untuk memenuhi kebutuhan sektor industri. Penggunaan energi di Indonesia untuk sektor transportasi merupakan yang paling tinggi yakni sebesar 40%, dilanjutkan dengan sektor industri 36%, rumah tangga 16%, kegiatan komersial 6%, dan sektor lain sebesar 2% (Kementerian ESDM, 2018; Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019).

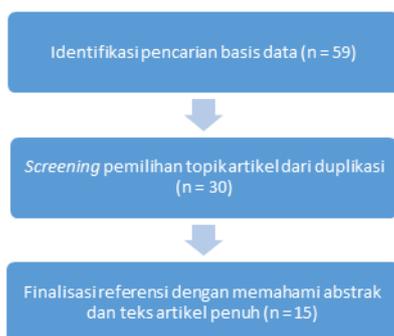
Hingga sekarang, Indonesia masih bertumpu pada sumber energi tidak terbarukan, berupa BBM atau Bahan Bakar Minyak, yang diolah dari minyak mentah. BBM digunakan di berbagai sektor kehidupan seperti transportasi, industri, hingga rumah tangga. Total konsumsi BBM secara nasional mencapai sekitar 1,63 juta barel tiap harinya. Tentu, dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia dan meningkatnya produktivitas masyarakat konsumsi BBM akan terus naik seiring berjalannya waktu. Konsumsi minyak yang tak diiringi dengan jumlah produksi secara nasional akan mengakibatkan ancaman kelangkaan sumber energi minyak, seperti mulai langkanya BBM, harga BBM yang naik, aktivitas industri yang terhambat, dan dapat mengurangi devisa negara. Alhasil, untuk memenuhi kebutuhan minyak nasional, Indonesia diharuskan melakukan impor minyak. Ancaman-ancaman tersebut dapat mengancam ketahanan energi nasional (Persia, 2018; Silitonga et al., 2020) sehingga penghematan energi (konservasi energi) perlu dilakukan (Prasetyo et al., 2020).

Selain minyak, energi listrik juga merupakan energi yang selalu digunakan oleh masyarakat. Pada 2013, ASEAN Centre for Energi (ACE) mencatat bahwa Indonesia merupakan negara dengan penggunaan listrik yang paling boros di antara negara-negara ASEAN lain. Sebagai contoh, Kota Bogor yang termasuk 20 kota besar dari 11 provinsi di Indonesia dengan persentase konsumsi energi yang mencapai 91% dari konsumsi energi nasional. Sebanyak 100 orang di Kota Bogor memiliki perilaku konsumtif energi listrik yang dominan dan berbanding terbalik terhadap perilaku konservasi (penghematan) energi listrik pada sektor rumah tangga di Kota Bogor (Prasetyo et al., 2020). Disisi lain, sebanyak 100 orang di Surabaya sudah memiliki kesadaran akan pentingnya menghemat energi listrik (Rohi & Luik, 2011).

Pemerintah Republik Indonesia memiliki tugas untuk menemukan solusi untuk memenuhi kebutuhan energi secara nasional, mulai dari kebijakan pengembangan energi baru dan terbarukan, kebijakan efisiensi energi, konservasi energi, hingga diversifikasi energi. Melalui Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) mengatur mengenai bauran energi nasional. Akibat tingginya konsumsi energi tidak terbarukan (energi dari fosil), pada 2007 diterbitkan Undang-undang No. 30 Tahun 2007 tentang Energi untuk pemanfaatan energi secara nasional. Banyak sumber-sumber energi baru dan terbarukan di Indonesia yang berpotensi untuk menggantikan energi tidak terbarukan dari produk energi fosil (minyak) (Silitonga et al., 2020).

2. METODE PENELITIAN

Artikel ulasan ini merujuk pada metode penelitian Putri et al. (2018) dengan menyesuaikan topik bahasan artikel peninjauan kali ini, metode terdiri atas beberapa artikel hasil penelitian yang sudah ada dari 2010 hingga 2020. Penulis melakukan pencarian referensi dari LPPM UMY Yogyakarta, LPPM Universitas Kristen Petra, Jurnal Teknik Elektro, Jurnal Ilmu Keluarga dan Konsumen, Jurnal LITEK: Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika, Jurnal IPTEK, JTET: Jurnal Teknik Elektro Terapan, Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan, dan Ketahanan Energi. Penulis melakukan pencarian dengan kata kunci “energi terbarukan”, “EBT”, “listrik”, “energi fosil”, dan “ketahanan energi”. Semuanya itu mendukung penggunaan energi baru terbarukan untuk menggantikan sumber energi fosil.



Gambar. 1. Diagram alur proses pencarian literatur

Gambar 1 menjelaskan alur dari pencarian literatur pada penulisan artikel ini. Sebanyak 59 artikel didapatkan dari hasil investigasi pencarian literatur jurnal. Sebanyak 30 artikel dipilih dari duplikasi topik dan setelah membaca judul penelitian. Sebanyak 15 artikel dipilih untuk dilakukan penelusuran literatur dengan membaca abstrak dan teks penuh artikelnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Energi Listrik (*Electrical Energy*)

Listrik digunakan hampir di setiap sektor kehidupan dan infrastruktur publik. Sebagai contoh, untuk menerangi jalanan umum diperlukan PJU (Penerangan Jalan Umum). Tahun 2015 sebesar 3.448,11 Gigawatt-jam untuk keperluan PJU. Tahun 2012 sebanyak 1,87% atau 397,5 Megawatt dari beban puncak jaringan Jawa-Bali-Madura diperlukan untuk suplai PJU. PJU sendiri ke depannya akan semakin bertambah seiring dengan peningkatan infrastruktur publik, sehingga peningkatan jumlah tenaga listrik juga akan meningkat. Sedangkan jumlah tenaga listrik yang diperlukan untuk gedung kantor pemerintahan sebesar 3.717,16 Gigawatt-jam pada Tahun 2015. Agar sistem PJU dapat berjalan dengan baik diperlukan perlengkapan pendukung yang mumpuni dan hemat energi. Seperti penggunaan teknologi lampu LED (luminair SON-T) yang terpasang dengan spesifikasi tiang yang tepat akan dapat menghemat energi listrik hingga 1.963 Kilowatt-jam per bulannya (53%) atau setara dengan penghematan suplai tenaga listrik sebesar 21,9 kilovolt ampere (81,5%) (Ahadi et al., 2018).

Sistem tenaga listrik di Indonesia awalnya mengandalkan sifat sentralisasi (listrik interkoneksi). Adanya sistem tenaga listrik yang bersifat sentralisasi akan mengakibatkan risiko *black out*. Seperti kejadian *black out* di Belawan Sumatera Utara ke Nanggroe Aceh Darussalam pada Januari 2013 (Hasannuddin et al., 2017) dan di Daerah Khusus Ibukota Jakarta awal Agustus 2019 (News, 2019). Menurut Hasannuddin et al. (2017) dan Syahputra (2017) menyatakan bahwa desentralisasi sistem tenaga listrik (*distributed generation/DG*) akan mengatasi kerugian dari sistem sentralisasi tenaga listrik, karena penempatan pembangkit yang tersebar di setiap kota dan pusat beban listrik oleh generator bertenaga kecil seperti diesel, sel surya, mikrohidro, turbin angin.

Produksi listrik masih didominasi oleh batu bara dan akan menurun sejak 2018 hingga 2050. Namun, produksi listrik dari pemanfaatan energi baru terbarukan akan meningkat dari 2018 hingga 2050 mendatang. Berkembangnya industri 4.0 akan mempengaruhi permintaan suplai energi listrik (Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019).

Inovasi untuk menjadikan sumber energi listrik bukan dari batu bara bisa berupa sampah organik. Bisa dengan teknologi konversi termokimia dan konversi biokimia. Masih banyak wilayah di Indonesia dengan volume sampah tinggi di tempat pembuangan akhir. Sebagai contoh, TPA Regional Provinsi Banten di 2012 setiap harinya mendapat kiriman sampah sebanyak 528 m³ per harinya dengan komposisi sampah organik yang paling tinggi, diikuti dengan sampah plastik (non-organik). Contoh saja jika pembangkit listrik tenaga sampah menggunakan 120 ton sampah setiap harinya dapat menghasilkan energi listrik sebesar 2,19

Megawatt dengan metode konversi termokimia dan 1,09 Megawatt dengan metode konversi biokimia (Faridha et al., 2015) dan ini sangat potensial untuk dijadikan sumber tenaga listrik, mengingat Indonesia merupakan negara dengan produksi sampah 3,2 juta ton setiap tahunnya (CNN Indonesia, 2019), disisi lain meningkatkan pemanfaatan sumber energi baru terbarukan (contoh PLTS, PLTD, dan sebagainya) lebih maksimal akan mengurangi pemakaian sumber energi batu bara untuk pembangkit listrik (Setiadanu et al., 2018) serta perlunya meningkatkan kesadaran setiap individu untuk menghemat listrik juga diperlukan untuk mendukung ketahanan energi khususnya energi listrik (Prasetyo et al., 2020; Yuliati & Nurusrina, 2012).

Panas Bumi (*Geothermal Energy*)

Pemanfaatan panas bumi sebagai energi listrik di Indonesia sudah dimulai sejak 1980-an yakni pada Februari 1983 mulai beroperasi Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Kamojang Unit I berkapasitas 30 Megawatt. Menurut Rencana Umum Energi Nasional (RUEN), tahun 2025 kelak kontribusi PLTP ditargetkan sebesar 7,2 Gigawatt penggunaan secara nasional. Namun hingga saat ini pengembangan panas bumi masih sedikit di Indonesia, padahal Indonesia menyimpan potensi panas bumi sebesar 28,5 Gigawatt dan hingga September 2018 tercatat baru sekitar 1.948,5 Megawatt pemanfaatan panas bumi di Indonesia, yakni dengan beroperasinya 12 PLTP di Indonesia (Batubara, 2018).

Kedua belas PLTP di Indonesia itu tersebar di Sumatera Utara (PLTP Sibayak 12 Megawatt, PLTP Sarulla 110 Megawatt), Lampung (PLTP Ulubelu 220 Megawatt), Jawa Barat (PLTP Patuha 55 Megawatt, PLTP Darajat 270 Megawatt, PLTP Wayang Windu 227 Megawatt, PLTP Kamojang 235 Megawatt), Jawa Tengah (PLTP Dieng 60 Megawatt), Sulawesi Utara (PLTP Lahendong 120 Megawatt), Nusa Tenggara Timur (PLTP Mataloko 2,5 Megawatt, PLTP Ulumbu 10 Megawatt). Secara teori Indonesia baru memanfaatkan sebesar 7% dari total potensi panas bumi di Indonesia (Batubara, 2018).

Secara teori dari hasil simulasi pengembangan lapangan panas bumi, masih ada wilayah-wilayah di Indonesia yang memiliki potensi untuk dibangun PLTP seperti di Sumatera Barat memiliki potensi 21 Megawatt (Putriyana & Soekarno, 2016), Sulawesi Tenggara sebesar 1.250-2.250 Kilowatt (Putriyana & Soekarno, 2015). Sedangkan untuk potensi PLTP berskala kecil seperti potensi panas bumi di Sumatera Selatan sekitar 3 Megawatt (Sukaryadi et al., 2016). Total potensi sumber daya dan cadangan panas bumi pada 2014 secara teoretis antara lain Pulau Sumatera sebesar 12.886 Megawatt, Pulau Jawa 9.795 Megawatt, Pulau Bali dan Nusa Tenggara 1.907 Megawatt, Pulau Sulawesi 3.229 Megawatt, Pulau Maluku 1.421 Megawatt, Pulau Kalimantan 163 Megawatt, Pulau Papua 75 Megawatt, sehingga total 29.476 Megawatt tersebar di seluruh wilayah Indonesia (Khadijah, 2017).

Tabel 1. Data total sumber daya dan cadangan panas bumi di Indonesia per 2014 (Sumber: Khadijah, 2017)

No	Lokasi	Sumber Daya			Cadangan		Total
		Perkiraan	Hipotesis	Probable	Posible	Proven	
1	Sumatera	3,182	2,519	6,790	15	380	12,886
2	Jawa	1,560	1,739	4,023	658	1,815	9,795
3	Bali-Nusa Tenggara	412	431	1,049	0	15	1,907
4	Sulawesi	1,239	343	1,419	150	78	3,229
5	Maluku	532	89	800	0	0	1,421
6	Kalimantan	163	0	0	0	0	163
7	Papua	75	0	0	0	0	75
	Total	7,163	5,121	14,081	823	2,288	29,476

Pemanfaatan energi dari panas bumi perlu ditingkatkan, karena untuk memenuhi Kebijakan Energi Nasional (KEN) pada tahun 2025 harus sudah memanfaatkan panas bumi sebesar 23% dan pada tahun 2015 sudah 31%, dengan kondisi saat ini yang terjadi dalam 4 tahun, secara nasional Indonesia baru dapat memanfaatkan 249 Megawatt, hingga tahun 2014 saja baru memanfaatkan 1,15% dari seluruh potensi panas bumi di Indonesia. Penyebab lambatnya pengembangan panas bumi di Indonesia disebabkan oleh beberapa faktor antara lain keterbatasan pendanaan dan insentif fiskal, kurangnya koordinasi lintas sektor, adanya tumpang tindih terkait lahan hutan lindung, hutan kawasan konservasi, dan taman nasional, kekurangan

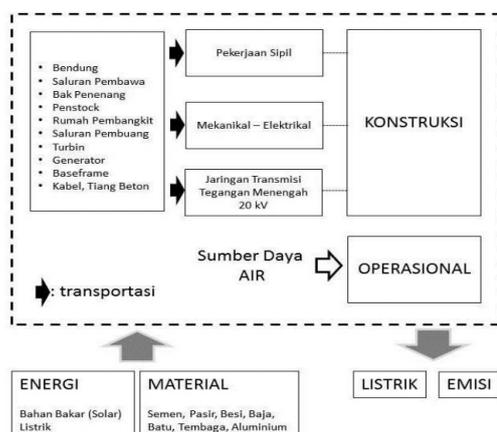
data geologi, geofisika, dan geokimia, risiko tinggi pada sektor hulu, biaya investasi tinggi untuk pembangunan pembangkit konvensional (skala besar), harga energi kurang kompetitif, nilai reksa dana dan saham terbatas, ketidakpastian aspek hukum, adanya isu-isu sosial, dan kurangnya SDM dengan kompetensi terkait panas bumi (Khadijah, 2017).

Panas bumi yang merupakan energi alternatif pengganti energi dari fosil dapat mendorong pemanfaatan energi baru terbarukan secara efisien dan rasional tanpa mengurangi penggunaan energi listrik secara nasional. Biaya energi dari panas bumi sendiri hanya sebesar 3-5 sen/kWh nya (Kholiq, 2015). Dikarenakan pembangkit listrik tenaga panas bumi yang sifatnya konvensional membutuhkan biaya modal dan arus kas proyek yang lebih tinggi dari pada pembangkit yang sifatnya skala kecil atau disebut *wellhead generating unit* (WGU) yang memiliki pembiayaan lebih singkat dan lebih singkat pula pembangunannya hanya sekitar 1-2 tahun dari pada pembangkit konvensional yang paling cepat dapat beroperasi setelah 7 tahun pembangunan, maka pembangkit WGU dapat dijadikan alternatif pengembangan PLTP skala kecil yang efisien, WGU juga digunakan untuk kebutuhan internal sehingga akan mengurangi biaya penggunaan generator. Kelebihan listrik dari pembangkit WGU dapat disalurkan ke konsumen di sekitar lapangan pembangkit dengan sistem *off grid* (Putriyana & Srikandi, 2019). Panas bumi selain berpotensi sebagai energi baru terbarukan juga sangat berpengaruh terhadap ketahanan energi di Indonesia (Khadijah, 2017; Kholiq, 2015).

Energi Air (*Hydro Energy*) dan Angin (*Wind Energy*)

Energi baru dan terbarukan merupakan solusi dari penggunaan teknologi yang ramah lingkungan dalam sistem pembangkit listrik. Seperti pada pembangkit listrik berbasis hidro (air) dan angin (Sihombing & Susila, 2016). Komposisi penggunaan energi secara nasional pada 2007 tercatat sebanyak 4,4% sudah menggunakan energi baru terbarukan. Pemanfaatan energi air sebesar 8,6% diantaranya Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) sebesar 0,216%, Pembangkit Listrik Tenaga Angin sebesar 0,028% secara nasional (Rohi & Luik, 2011). Sedangkan pada tahun 2012 total kapasitas terpasang dalam sistem pembangkit yang mengonversi tenaga angin di Indonesia baru sebesar 2,731 Megawatt (Cendrawati et al., 2015).

Pemanfaatan energi air di Indonesia hingga tahun 2019 ditargetkan sudah mencapai 50 Megawatt untuk pembangkit listrik tenaga mini dan mikro hidro. Tenaga air sendiri termasuk bagian dari energi baru terbarukan yang berbasis air. Namun, walaupun pembangkit berbasis air merupakan teknologi yang ramah lingkungan (*green energy*), tetap masih saja perlu diperhatikan dampak terhadap lingkungan. Faktor-faktor penting yang berpengaruh terhadap lingkungan seperti ketersediaan lahan, kualitas air, dan emisi gas rumah kaca (CO₂) (Sihombing & Susila, 2016).



Gambar 1. Lingkup Analisis PLT Minihidro dan PLT Mikrohidro (Sumber: Sihombing & Susila, 2016)

Pemanfaatan energi angin di Indonesia masih belum mendapatkan perhatian khusus (Cendrawati et al., 2015). Potensi beberapa daerah di Indonesia untuk dibangun pembangkit listrik tenaga angin, seperti di Desa Tamanjaya, Sukabumi, Provinsi Jawa Barat yang berpotensi dapat dibangun pembangkit berkapasitas 100 Kilowatt (Zulkarnain, 2016).

Secara teori, mendirikan pembangkit listrik tenaga angin tidak sesulit pembangkit listrik lainnya. Minimum kecepatan angin yang dapat membuat turbin angin berputar dengan baik ialah sebesar 3 m/s. Disisi lain, perlu mempertimbangkan lokasi geografis dan besar perubahan suhu panas dan dingin di lokasi untuk pembangkit listrik dari tenaga angin tersebut (Panunggul et al., 2018), serta memperhatikan besar kecepatan rata-rata angin pada ketinggian tertentu, distribusi angin secara rata-rata pada ketinggian tertentu, arah angin, dan kerapatan daya angin (*wind power density*) (Azirudin, 2019; Cendrawati et al., 2015; Panunggul et al., 2018). Bahkan indikasi pembangkit listrik tenaga angin mendukung eksistensi ketahanan energi di Indonesia (Panunggul et al., 2018).

Bioetanol, Biodiesel (CO₂), Biomassa (Bioenergy)

Energi alternatif untuk mengurangi pemakaian minyak lebih banyak digunakan untuk sektor transportasi dan industri. Pemerintah mempercepat pemanfaatan potensi bioetanol dan biodiesel sebagai bahan bakar pengganti solar dan bensin untuk bidang transportasi, industri, komersial, dan pembangkit listrik (Kholiq, 2015; Sihombing & Susila, 2016). Pemanfaatan bioetanol di bidang industri pada tahun 2018 di Indonesia total mencapai 40.000 Kiloliter, biodiesel total mencapai 12.059.369 Kiloliter, biodiesel total produksi mencapai 6.168 Kiloliter (Kementerian ESDM, 2018). Tahun 2015 ditargetkan pemanfaatan biosolar untuk transportasi mencapai 10%, industri mencapai 20%, dan pembangkit listrik mencapai 30%. Sedangkan pemanfaatan biodiesel, pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian ESDM meningkatkan target mandataris pemanfaatan biodiesel di seluruh sektor, sehingga dengan rencana prospek bioetanol dan biodiesel ini diharapkan akan menghemat devisa sebesar 3,1 juta dolar (Kholiq, 2015).

Pemerintah Republik Indonesia menargetkan pemanfaatan bioetanol untuk E5 hingga E100 dijadikan alternatif utama untuk diversifikasi (pengganti) energi berbahan bakar minyak pada kendaraan bermotor, juga bioetanol diharapkan dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, dan dapat meningkatkan pertumbuhan ekonomi secara lokal. Bioetanol (E100/murni) adalah produk etanol yang dihasilkan dari bahan baku nabati dan biomassa lainnya yang diproses secara bioteknologi. Biodiesel (B100/murni) adalah produk *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME) atau *Mono Alkil Ester* yang dihasilkan dari bahan baku nabati dan biomassa lainnya yang diproses secara esterifikasi. Pemerintah Indonesia sendiri menargetkan untuk tahun 2025 pemanfaatan biodiesel dan bioetanol melalui Permen ESDM No. 12 Tahun 2015, biodiesel sebesar 30% dan bioetanol sebesar 20%. Sedangkan tahun 2050, target pemanfaatan biodiesel diasumsikan mencapai 30% dan bioetanol 50% (Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019).

Potensi bioenergi di Indonesia antara lain pemanfaatan biodiesel dari kemiri sunan dan kelapa sawit (Sihombing et al., 2017), biodiesel dari mikro alga seberat 3,7 Kilogram berat kering mampu menghasilkan 1 liter biodiesel, seperti di Cilacap (Anggraini et al., 2018) dan di Provinsi Bali (Wiranata et al., 2018), bioetanol dari produk samping "*molase*" dari tanaman tebu dan industri gula (Leopold et al., 2015). Menurut Firmansyah et al. (2017) bioetanol 100% atau E100 pada genset berkapasitas 5 Kilovolt ampere mampu menghasilkan daya listrik hingga 5.000 Watt dengan konsumsi bahan bakar bioetanol sebesar 2.721,2 gram/kWh, efisiensi yang dihasilkan sebesar 20,6% dan mampu menurunkan emisi karbon monoksida sebesar 0,011%. Bahan bakar nabati apabila dimanfaatkan secara maksimal dapat mendukung ketahanan energi di Indonesia (Silitonga et al., 2020; Wiranata et al., 2018).

Energi Arus Laut

Energi laut salah satunya energi arus laut merupakan salah satu jenis energi baru terbarukan di Indonesia. Potensi energi ini di Indonesia sendiri sebesar 17,9 GW, namun pemanfaatannya masih sangat minim (Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019).

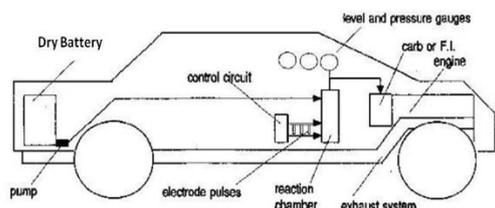
Kondisi geografis kepulauan Republik Indonesia yang sebagian besar didominasi oleh kepulauan menjadikan tuntutan untuk lebih memanfaatkan energi laut. Potensi energi laut di Indonesia apabila disejajarkan sama dengan kapasitas pembangkit listrik yang ada di Jawa-Bali sebesar 53,3% nya. Belum tersedianya teknologi mutakhir yang mampu membangun pembangkit listrik tenaga arus laut (PLTAL) menjadi alasan utama minimnya pengembangan pembangkit bertenaga arus laut ini, padahal energi ini cukup murah untuk diterapkan secara luas, khususnya untuk memenuhi kebutuhan listrik bagi masyarakat pesisir dan wilayah di sekitar selat, dapat juga digunakan untuk peralatan sensor jarak jauh seperti alat pengukur tinggi gelombang laut (*tsunami*). Contoh pemodelan kendali turbin sumbu vertikal pembangkit listrik tenaga arus laut (PLTAL) pada kondisi kecepatan arus laut yang berfluktuasi sangat berpotensi dimanfaatkan energi arus lautnya (Wicaksono et al., 2017) dan mendukung ketahanan energi sebagai alternatif pengganti sumber energi fosil (Rahayu et al., 2020). Wilayah laut juga selain dimanfaatkan energi arus lautnya, dapat juga didirikan pembangkit listrik dari energi angin (Cendrawati et al., 2015).

Energi Nuklir (*Nuclear Energy*)

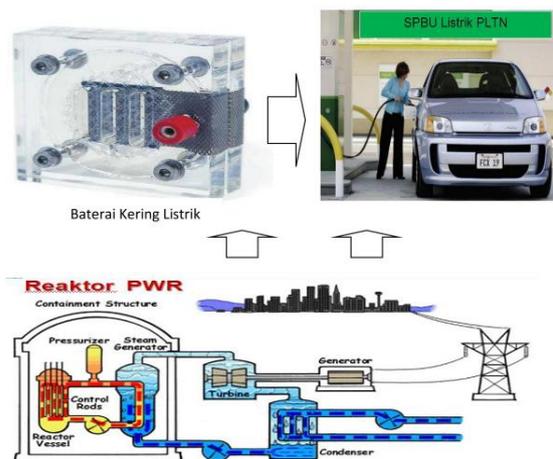
Teknologi konversi energi untuk pembangkit listrik sudah banyak ditemukan dengan berbagai skala (kapasitas) dan termasuk jenis energi baru terbarukan, salah satunya energi nuklir dan termasuk pembangkit berskala besar (Kholiq, 2015; Persia, 2018; Syahputra, 2017; Wiranata et al., 2018) dan dapat juga berskala kecil (Laksmono & Widodo, 2017).

Secara teori, pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) untuk tipe *combined cycle* dengan efisiensi 50% memiliki nilai intensitas energi sebesar 2 kWhprim/kWh. Adapun alternatif pembangkit selain nuklir yang berpotensi yakni pembangkit listrik tenaga mini hidro dan mikro hidro (Sihombing & Susila, 2016). Pembangunan PLTN sendiri merupakan hasil dari keputusan strategis energi berupa kebijakan energi nasional, tepatnya berdasarkan kepentingan nasional negara yang bersangkutan. Pembangunan PLTN di Indonesia sendiri masih banyak pro-kontra terhadap masyarakat. Disisi lain, kepentingan ekonomi dan politik serta militer sangat memerlukan tenaga nuklir. Adanya penolakan dari masyarakat, belum mempercayai sepenuhnya bahwa PLTN itu aman dan dapat dikendalikan dari pemerintah, dan belum ditemukan solusi energi nuklir tanpa menimbulkan radiasi menjadikan masih sedikitnya pembangunan PLTN di Indonesia. Bahkan dilaporkan Indonesia membeli energi nuklir dari PLTN ke negara tetangga seperti Malaysia, Thailand, Singapura, dan Vietnam (Laksmono & Widodo, 2017).

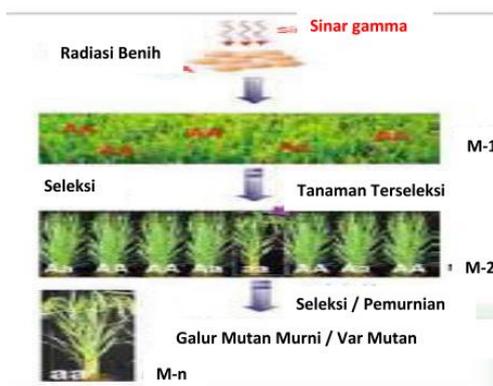
Pengalihan energi berbahan bakar minyak atau produk fosil menjadi energi baru terbarukan sudah seharusnya dilakukan dan digencarkan, salah satunya pembangunan energi nuklir karena dapat mengatasi kelangkaan BBM dan permintaan listrik yang begitu besar sekaligus. Pemanfaatan energi nuklir sangat perlu dilakukan, karena energi nuklir dapat mengatasi kelangkaan energi listrik, kelangkaan bahan bakar minyak, krisis pangan, krisis kesehatan, dan air bersih di masa depan. Bahkan, PLTN dapat menciptakan energi kristal yang berguna untuk keperluan alat sista militer dengan perpaduan manfaat dari nuklir, biologi, dan kimia. Perlunya kebijakan pemanfaatan energi nuklir yang tepat sasaran dan aman (Laksmono & Widodo, 2017). Kalimantan Timur merupakan wilayah dengan potensi energi nuklir (Yudianto, 2017). Adanya pembangkit listrik tenaga nuklir dapat mendukung ketahanan energi nasional (Persia, 2018; Yudianto, 2017).



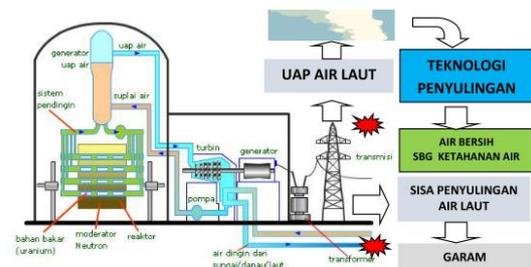
Gambar 2. Konsep Mobil Listrik dengan *Chasis* Pemanfaatan Sumber Energi dari PLTN (Sumber: Laksmono & Widodo, 2017)



Gambar 3. Konsep Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) (Sumber: Laksmono & Widodo, 2017)



Gambar 4. Teknik Mutasi Radiasi dalam Bibit Unggul Tanaman (Sumber: Laksmono & Widodo, 2017)



Gambar 5. Proses Penyulingan Air Laut untuk Mendapatkan Air Bersih dengan Energi Kristal (Teknologi PLTN & Penyulingan) (Sumber: Laksmono & Widodo, 2017)

Energi Surya (Solar Energy)

Sumber utama energi baru terbarukan juga termasuk energi surya (matahari) (Kementerian ESDM, 2018; Kholiq, 2015; Kurniawan et al., 2018; Setiadanu et al., 2018; Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019; Widodo et al., 2010; Wiranata et al., 2018) yang ramah lingkungan (Panunggal et al., 2018; Rozi et al., 2020). Potensi energi surya di Indonesia mencapai 207,8 Gigawatt (Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019) dengan penjabaran distribusi penyinaran untuk kawasan barat Indonesia sebesar 4.5kWh/m².hari, variasi bulanan sekitar 10%, kawasan timur Indonesia sebesar 5.1kWh/m².hari, variasi bulanan sekitar 9%, sehingga rata-rata (mean) di Indonesia sebesar 4.8 kWh/m².hari, variasi bulanan sekitar 9%. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa Indonesia disinari oleh radiasi surya hampir merata di sepanjang tahunnya dan kawasan timur Indonesia memiliki potensi penyinaran lebih baik dari pada kawasan

barat Indonesia (Kholiq, 2015). Indonesia sendiri merencanakan pada tahun 2025 kapasitas pembangkit yang bersumber dari energi surya mencapai 296 Gigawatt (Kementerian ESDM, 2018; Panunggul et al., 2018; Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019).

Secara teori, potensi energi surya yang melimpah di Indonesia diimbangi dengan lokasi geografis seluruh wilayah Indonesia yang selalu disinari matahari sepanjang tahun, semakin mudahnya komponen-komponen listrik untuk pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), dan adanya program “solar-rooftop” di setiap rumah-rumah dan lampu penerangan jalan umum bertenaga surya (Kementerian ESDM, 2018; Panunggul et al., 2018; Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019). Pembangkit listrik tenaga surya sendiri dapat dibangun dengan skala kecil, seperti pada generator 50 Megawatt sudah dapat memanfaatkan energi surya (Hasannuddin et al., 2017) sehingga secara teknis, ekonomis, dan sosial, siapa pun bisa memanfaatkan energi surya (Widodo et al., 2010). Energi surya selain dimanfaatkan secara mandiri juga dapat diterapkan sistem hibrid atau gabungan dengan memanfaatkan energi yang lain atau menggunakan teknologi tertentu sesuai kebutuhannya (Kurniawan et al., 2018).

Beberapa wilayah di Indonesia yang berpotensi dibangun PLTS seperti Kota Sabang, Aceh (Kurniawan et al., 2018), Pulau Nias, Sumatera Utara dengan biaya energi sebesar Rp307,02/kWh (Nafis et al., 2015), Kabupaten Pulau Morotai, Maluku Utara menghasilkan biaya energi sebesar Rp2.715,67/kWh (Setiadanu et al., 2018), Provinsi Riau dengan persentase penyinaran matahari sebesar 45,7% setiap tahunnya (Azirudin, 2019), dan fasilitas transportasi publik seperti bandara (Rozi et al., 2020), lampu lalu lintas (Widodo et al., 2010) serta inovasi dari kampus-kampus di Indonesia (Panunggul et al., 2018).

Energi surya bermanfaat untuk sektor rumah tangga, komersial, pertanian, perikanan, perkebunan, industri kecil, dan keperluan pengadaan sumber air bersih sehingga diharapkan setiap masyarakat dapat memanfaatkan potensi energi surya (Kholiq, 2015) dan mendukung ketahanan energi nasional (Kurniawan et al., 2018; Panunggul et al., 2018; Rozi et al., 2020).

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari artikel ulasan ini yakni Republik Indonesia memiliki potensi energi baru terbarukan yang sangat melimpah, terdiri atas panas bumi, energi air, energi angin, bioenergi (bioetanol, biodiesel, biomassa), energi arus laut, energi nuklir, dan energi surya yang hampir dapat diterapkan atau dimanfaatkan di setiap wilayah di Indonesia. Kesadaran masyarakat untuk lebih memperhatikan potensi energi baru terbarukan ini diperlukan guna memanfaatkan potensi-potensi energi baru terbarukan dari skala kecil sehingga akan terpujuk kesadaran akan menjaga lingkungan dan berkontribusi dalam pembangunan berkelanjutan, dan dapat mendukung ketahanan energi nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahadi, K., Irsyad, M. I. Al, & Anggono, T. (2018). Simulasi Potensi Penghematan Energi Listrik pada Penerangan Jalan Umum dengan Menggunakan Teknologi Lampu LED. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 17(1), 31–42.
- Angraini, R. C. P. K., Kuntjoro, Y. D., & Sasongko, N. A. (2018). Potensi Pemanfaatan Mikroalga Untuk Mitigasi Emisi CO₂ (Studi Kasus Di PLTU Cilacap). *Ketahanan Energi*, 4(1), 1–27.
- Azirudin, T. (2019). Potensi Energi Angin Di Atas Bangunan Bertingkat Di Pangkalan Kerinci, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 18(1), 23–28.
- Batubara, M. (2018). *Pengembangan Panas Bumi: Sebagai Energi Kearifan Lokal di Indonesia*. Yayasan Pengkajian Sumber Daya Indonesia (YPSI/IRESS).
- Cendrawati, D. G., Soekarno, H., & Nasution, S. (2015). Potensi Energi Angin di Kabupaten Serdang Bedagai, Provinsi Sumatera tara. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 14(1), 15–28.
- CNN Indonesia. (2019, January 23). *Indonesia, Negara Kepulauan yang Dikeroyok Sampah*. <https://www.cnnindonesia.com/gaya-hidup/20190123170039-269-363217/indonesia-negara->

- kepulauan-yang-dikeroyok-sampah
- Faridha, F., Pirngadie, B., & Supriatna, N. K. (2015). Potensi Pemanfaatan Sampah Menjadi Listrik Di TPA Cilowong Kota Serang Provinsi Banten. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 14(2), 103–116.
- Firmansyah, A. I., Adilla, I., Gunawan, Y., & Widhiatmaka, W. (2017). Penggunaan Bioetanol (E100) pada Genset Kapasitas 5 KVA. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 16(1), 35–42.
- Hasannuddin, T., Aiyub, S., & Pulungan, A. B. (2017). Efisiensi Penggunaan Energi Listrik pada Sistem Interkoneksi 150 Kv Nanggroe Aceh Darussalam Menggunakan Distributed Generation. *JURNAL LITEK: Jurnal Listrik Telekomunikasi Elektronika*, 14(1), 13–17.
- Kementerian ESDM. (2018). Handbook Of Energy & Economic Statistics Of Indonesia 2018 Final Edition. In *Ministry of Energy and Mineral Resources*.
- Khadijah, N. S. (2017). Analisis Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Melalui Insentif Fiskal dalam Mendukung Ketahanan Energi Indonesia. *Ketahanan Energi*, 3(2), 29–45.
- Kholiq, I. (2015). Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Substitusi BBM. *Jurnal IPTEK*, 19(2), 75–91.
- Kurniawan, E. R., Supriyadi, I., & Sasongko, N. A. (2018). Analisis Biaya Manfaat Energi Surya Untuk Mendukung Pasokan Energi Integrated Cold Storage Di SKPT Kota Sabang. *Ketahanan Energi*, 4(1), 1–25.
- Laksmono, R., & Widodo, P. (2017). Pengambilan Keputusan Strategik Energi Dan Implementasinya. *Ketahanan Energi*, 3(1), 33–58.
- Leopold, A., Agus, I. M., & Pribadi, D. R. (2015). Keketimbangan Energi Pada Budidaya Tanaman Tebu Dan Industri Gula. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 14(2), 95–102.
- Nafis, S., Aman, M., & Hadiyono, A. (2015). Analisis Keekonomian Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Sistem Ketenagalistrikan Nias. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 14(2), 83–94.
- News, B. (2019). *Indonesia blackout: Huge outage hits Jakarta and surrounding area - BBC News*. <https://www.bbc.com/news/world-asia-49227033>
- Panunggul, D. A., Boedoyo, M. S., & Sasongko, N. A. (2018). Analisa Pemanfaatan Energi Terbarukan Di Universitas Pertahanan Sebagai Pendukung Keamanan Pasokan Energi (Studi Kasus: Energi Surya Dan Angin). *Ketahanan Energi*, 4(2), 75–91.
- Persia, A. N. (2018). Studi Tentang Cadangan Penyangga Minyak (CPM) Untuk Mewujudkan Ketahanan Energi Indonesia. *Ketahanan Energi*, 4(2), 1–20.
- Prasetyo, E., Syahtaria, I., & Supriyadi, I. (2020). Pengaruh Perilaku Konsumtif, Tingkat Pendapatan Dan Tingkat Pendidikan Terhadap Konservasi Energi Listrik Di Sektor Rumah Tangga Dalam Rangka Mendukung Ketahanan Energi (Studi Di Kota Bogor). *Ketahanan Energi*, 6(1), 1–8.
- Putriyana, L., & Soekarno, H. (2015). Simulasi Pengembangan Lapangan Panas Bumi Lainea. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 14(2), 117–134.
- Putriyana, L., & Soekarno, H. (2016). Simulasi Pengembangan Lapangan Panas Bumi Di Sumatera Barat. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 15(1), 33–44.
- Putriyana, L., & Srikandi, G. P. (2019). Kajian Tekno Ekonomi Pembangkit Listrik Panas Bumi Skala Kecil : Wellhead Generating Unit. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 18(1), 41–50.
- Rahayu, D. M., Supriyadi, I., & Yusgiantoro, P. (2020). The Strategy Of Handling Crisis And Emergency Of Oil Fuel With Scenario Planning. *Ketahanan Energi*, 4(1), 1–17.
- Rohi, D., & Luik, J. E. (2011). Kesadaran Masyarakat Surabaya untuk Memiliki Gaya Hidup Ramah Lingkungan “ Green Living ” Melalui Menghemat Penggunaan Energi Listrik. *LPPM Universitas Kristen Petra*, 1–17.
- Rozi, M. F., Sasongko, N. A., & Kuntjoro, Y. D. (2020). Pemanfaatan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta Untuk Mendukung Ketahanan Energi. *Ketahanan Energi*, 6(1), 39–60.

- Setiadanu, G. T., Firmansyah, A. I., & Hadiyono, A. (2018). Analisis Pembangkitan Listrik Untuk Ekonomi Produktif Di Pulau Terluar (Studi Kasus Sentra Pengolahan Ikan di Pulau Morotai). *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 17(2), 35–46.
- Sihombing, A. L., & Susila, I. M. A. D. (2016). Intensitas Energi Dan CO₂ Serta Energy Payback Time Pada Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro Dan Mikrohidro. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 15(2), 105–116.
- Sihombing, A. L., Susila, I. M. A., Magdalena, M., & Adilla, I. (2017). Besaran Emisi CO₂ Dari Siklus Biodiesel Berbahan Baku Kemiri Sunan Dan Kelapa Sawit. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 16(1), 25–34.
- Silitonga, J. A., Widodo, P., & Ahmad, I. (2020). Analisis Kebijakan Biodiesel B-20 Sebagai Bahan Bakar Nabati Dalam Mendukung Ketahanan Energi Di Indonesia Biodiesel. *Ketahanan Energi*, 6(1), 61–79.
- Sukaryadi, D., Putriyana, L., & Herdiani, N. P. (2016). Kajian Sumur Panas Bumi Untuk PLTP Skala Kecil Di Lapangan Panas Bumi Rantau Dedap, Sumatera Selatan. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 15(2), 81–92.
- Syahputra, R. (2017). Transmisi Dan Distribusi Tenaga Listrik. *LP3M UMY Yogyakarta*, 28(4), 131.
- Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional. (2019). Indonesia Energy Out Look 2019. *Dewan Energi Nasional*.
- Wicaksono, N. A., Aryanto, A., & Nafis, S. (2017). Kendali Proportional-Integral-Differential (Pid) Pada Pemodelan Turbin Sumbu Vertikal Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL) Dalam Kondisi Kecepatan Arus Laut Yang Berfluktuasi. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 16(2), 51–64.
- Widodo, D. A., Suryono, S., & Andrasto, T. (2010). Pemberdayaan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur Lalu Lintas. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 133–138.
- Wiranata, I. G. A., Boedoyo, M. S., & Kuntjoro, Y. D. (2018). Potensi Pemanfaatan Rumput Laut Sebagai Sumber Energi Baru Terbarukan Untuk Mendukung Ketahanan Energi Daerah (Studi Di Provinsi Bali). *Jurnal Ketahanan Energi*, 4(2), 21–45.
- Yudianto, A. A. (2017). Perencanaan Kebijakan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir Dalam Menunjang Ketahanan Energi Di Provinsi Kalimantan Timur. *Ketahanan Energi*, 3(2), 47–65.
- Yuliati, L. N., & Nurasrina, I. (2012). Pesan, Kesadaran, dan Perilaku Hemat Listrik Rumah Tangga. *Jurnal Ilmu Keluarga Dan Konsumen*, 5(1), 88–95.
- Zulkarnain, Z. (2016). Desain Dan Analisis Struktur Menara Lattice Pembangkit Listrik Tenaga Angin 100 Kw Di Desa Tamanjaya, Sukabumi, Jawa Barat. *Ketenagalistrikan Dan Energi Terbarukan*, 15(1), 21–32.