

PROSIDING
SEMINAR NASIONAL
TEKNOLOGI BAHAN DAN BARANG TEKNIK
2020

**“TEKNOLOGI PENYIMPAN ENERGI UNTUK MENDUKUNG PEMBANGUNAN
INDUSTRI KENDARAAN LISTRIK NASIONAL”**

DEWAN PENGARAH, MITRA BESTARI, DEWAN PENYUNTING DAN KOMITE

DEWAN PENGARAH

Ir. Enuh Rosdeni, M.Eng (Ketua)
Ir. Dudung (Anggota)
Ir. Kosasih (Anggota)
Elis Sofianti, S.Si., MT. (Anggota)
Ni Made Parmiasih, ST., MT. (Anggota)
Azis Yuniarto, SE., M.SE. (Anggota)

MITRA BESTARI

Afriyanti Sumboja, Ph.D (Institut Teknologi Bandung)
Umar Ali Ahmad, Ph.D (Universitas Telkom)
Gunawan Nugroho, S.T., M.T., Ph.D. (Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

DEWAN PENYUNTING

Mas’ud Adhi Saputra, ST., MT. (Ketua)
Devic Oktora, ST. (Sekretaris)
Najmuddin Yahya, ST. (Anggota)
Irawan Saptanu Adji, S.Kom (Anggota)

KOMITE

Dr. Sih Wuri Andayani (Ketua)
Rian Trijayana, S.Kom (Wakil Ketua)
Jumail Soba, ST., MT. (Sekretaris)
Harry Setyo Wibowo, M.T. (Sekretaris)
Galih Ginanjar, S.Si., MT. (Anggota)
Alfiz Muhammad Qizwini, ST. (Anggota)
Febrian Dwi Surya, ST. (Anggota)
Teguh Iryanto, ST. (Anggota)
Cecep Ahmad Zein Firdaus (Anggota)
Alia Dinda Lestari, S.E. (Anggota)
Toni Agung Priambodo, ST. (Anggota)
Drs. Tatto Bustomi, MT. (Anggota)
Ir. Budi Tjahjohartoto (Anggota)
Gaos Abdul Karim, S.Si., M.Si. (Anggota)

DITERBITKAN OLEH :

**BALAI BESAR BAHAN DAN BARANG TEKNIK
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN REPUBLIK INDONESIA**

Jl. Sangkuriang No. 14 Bandung
Telp/Fax: 022-2504088 / 2502027
Website: seminar.b4t.go.id / Email : seminar@b4t.go.id

ISBN 978-623-92491-1-3

PROSPEK PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU DI INDONESIA: ANALISIS BERDASARKAN BIAYA POKOK PENYEDIAAN PEMBANGKITAN

PROSPECTS OF WIND POWER PLANT DEVELOPMENT IN INDONESIA: ANALYSIS BASED ON THE BASIC COST OF ELECTRICITY PROVISION

Ignatia Averina Chita Nirmala^{1*} dan Agus Sugiyono²

¹Alumni Departemen Teknik Mesin, Universitas Indonesia
Kampus UI, Jl. Margonda Raya, Depok

²Pusat Pengkajian Industri Proses dan Energi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Kluster Inovasi dan Bisnis Teknologi, Gedung 720, Puspiptek, Tangerang Selatan

ABSTRAK

Indonesia mempunyai potensi energi bayu untuk pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) sebesar 60,6 GW dan saat ini masih sangat kecil potensi yang sudah dimanfaatkan. PLTB Sidrap merupakan salah satu pemanfaatan energi bayu tersebut dan sudah beroperasi sejak tahun 2018 dengan kapasitas terpasang 75 MW. PLTB secara teknis sudah berperan dalam menyumbang pengembangan energi baru terbarukan (EBT), namun secara ekonomis pengembangan ke depan masih banyak tantangan yang harus diselesaikan. Dalam makalah ini dilakukan inventarisasi perencanaan pengembangan PLTB dan dianalisis berdasarkan kebijakan biaya pokok penyediaan (BPP) pembangkitan. Pengembangan PLTB berdasarkan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) pada tahun 2025 direncanakan mencapai 1.800 MW, sedangkan dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) sekitar 1.007 MW. Rencana ini terkait dengan target pemerintah dalam Kebijakan Energi Nasional (KEN) untuk meningkatkan bauran EBT sebesar 23% dari total penyediaan energi nasional pada tahun 2025. Target pengembangan EBT banyak mengalami kendala terutama dengan dikeluarkannya kebijakan BPP pembangkitan. BPP pembangkitan mengatur harga pembelian listrik untuk setiap wilayah kepada investor pembangkit listrik. Kebijakan ini membuat banyak potensi PLTB tidak ekonomis untuk dikembangkan. Pemikiran dan terobosan baru perlu dicari supaya target bauran EBT dalam KEN dapat tercapai.

Kata Kunci: PLTB, BPP pembangkitan

ABSTRACT

Indonesia has the potential for wind energy for power plants of 60.6 GW and currently the potential is still very small to be utilized. Sidrap wind power plant is one of the utilization of wind energy and has been operating since 2018 with an installed capacity of 75 MW. Wind power plant technically has a role in contributing to the development of new and renewable energy (NRE), but economically the future development still has many challenges that must be resolved. In this paper, an inventory of wind power plant development planning is carried out and analyzed based on the basic cost of electricity provision policy. The development of wind power plant based on the General Plan on National Energy (RUEN) in 2025 is planned to reach 1,800 MW, while in the Electricity Supply Business Plan (RUPTL) is planned around 1,007 MW. This plan is related to the government's target in the National Energy Policy (KEN) to increase the NRE mix by 23% of the total national energy supply in 2025. The target of developing NRE has experienced many obstacles, especially with the issuance of the basic cost of electricity provision policy. Basic cost of electricity provision policy regulates the purchase price of electricity for each region to the power plant investor. These policy makes many wind power plant potentials uneconomical to develop. New thoughts and breakthroughs need to be sought therefore the target of the NRE mix in KEN can be achieved.

Keywords: wind power plant, basic cost of electricity provision

PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai potensi energi bayu untuk pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) sebesar 60,6 GW yang tersebar di berbagai wilayah. Saat ini masih sangat kecil potensi yang

sudah dimanfaatkan. PLTB Sidrap merupakan PLTB skala komersial yang pertama di Indonesia yang sudah beroperasi sejak tahun 2018. PLTB Sidrap memiliki 30 unit kincir angin dengan tinggi tower 80 meter dan panjang baling-baling 57

meter dengan kapasitas masing-masing unit sebesar 2,5 MW, sehingga total kapasitas terpasang adalah 75 MW [1]. Pada tahun 2019 juga sudah beroperasi PLTB Tolo I di Jeneponto dengan 20 unit kincir angin yang mempunyai tinggi tower 133 m dan panjang baling-baling 63 m dengan total kapasitas 72 MW [2, 3]. Rencana pengembangan PLTB selanjutnya adalah PLTB Sidrap II dengan kapasitas 50 MW, PLTB Tolo II (72 MW) dan PLTB Tanah Laut (70 MW) [4].

Pengembangan PLTB merupakan komitmen pemerintah dalam Kebijakan Energi Nasional (KEN) untuk mewujudkan bauran energi energi baru dan terbarukan (EBT) sebesar 23% terhadap total energi primer pada tahun 2025. Pada tahun 2050 bauran EBT ditargetkan meningkat menjadi 31%. Sejalan dengan itu, pemerintah juga sudah menandatangani *Paris Agreement* pada tanggal 12 Desember 2015 di Paris. Dalam persetujuan ini, Indonesia berkomitmen untuk meningkatkan bauran EBT dengan target pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) sebesar 29% terhadap *bussiness as usual* pada tahun 2030 jika tanpa bantuan dan 41% jika ada bantuan dari luar negeri [5].

Rencana implementasi KEN tertuang dalam Peraturan Presiden No 22/2017 tentang Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). RUEN secara umum berisi tentang rencana pengelolaan energi tingkat nasional lintas sektoral. Dalam RUEN kapasitas terpasang PLTB pada tahun 2025 direncanakan sebesar 1,800 MW dan pada tahun 2050 meningkat menjadi 28,000 MW. PLN juga telah membuat perencanaan pengembangan pembangkitan seperti tertuang dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL). Dalam RUPTL 2019-2028, penambahan kapasitas PLTB selama periode 2019-2028 mencapai 885 MW [6].

Pengembangan PLTB di Indonesia masih menghadapi beberapa kendala teknis dan kendala keekonomian. Kendala teknis diantaranya adalah: rata-rata kecepatan angin di Indonesia yang dibawah 5 m/s, lokasi potensial berada di wilayah terpencil yang kebutuhan listrik di wilayah tersebut tidak begitu besar, dan kesediaan jaringan interkoneksi dengan pembangkit konvensional karena sifat PLTB yang intermiten [7]. Sedangkan kendala keekonomian terkait dengan kebijakan biaya pokok penyediaan (BPP) pembangkitan PT PLN [8]. Makalah ini akan membahas prospek dan kendala dalam pengembangan PLTB, terutama yang terkait dengan BPP pembangkitan.

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan untuk menganalisis prospek PLTB adalah dengan pengumpulan data sekunder serta berdasarkan studi literatur. Secara ringkas tahapan analisis adalah sebagai berikut:

- Mengumpulkan data rencana pengembangan PLTB berdasarkan KEN, RUEN dan RUPTL per wilayah atau provinsi.
- Membuat asumsi harga jual listrik PLTB yang ekonomis berdasarkan harga kesepakatan jual beli atau *power purchase agreement* (PPA) yang sudah dilakukan antara PLN dan investor, yaitu: PLTB Sidrap dan PLTB Tolo I. PLTB Sidrap dapat menjadi contoh yang baik dalam pengelolaan pembangkitan PLTB yang intermiten.
- Memetakan wilayah atau provinsi dengan 85% BPP pembangkitan yang lebih rendah dari harga PPA PLTB yang sudah beroperasi.
- Membandingkan rencana pengembangan berdasarkan KEN, RUEN, dan RUPTL dengan wilayah yang layak dikembangkan PLTB dengan memperhitungkan BPP pembangkitan.

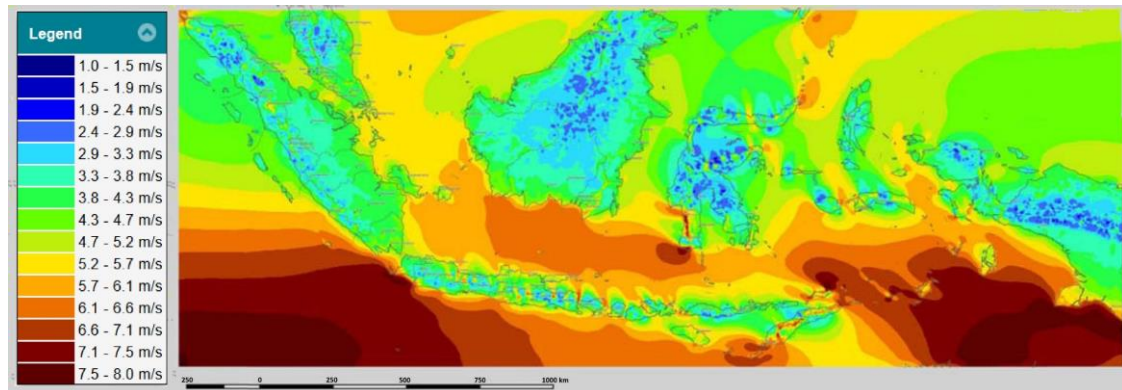
Berdasarkan analisis tersebut akan terlihat prospek pengembangan PLTB di berbagai wilayah Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan PLTB di Indonesia sebelum tahun 2018 masih dalam skala kecil dan sampai tahun 2017 kapasitas terpasang PLTB hanya sebesar 1,12 MW. Pemerintah terus mendorong peningkatan pengembangan PLTB mengingat potensinya di beberapa wilayah cukup besar. Kementerian ESDM sudah membuat peta potensi energi bayu berdasarkan kecepatan angin seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Dari gambar dapat dilihat bahwa hanya sebagian kecil wilayah Indonesia yang mempunyai kecepatan angin lebih dari 5 m/s, dan sebagian besar berada di wilayah kepulauan Indonesia bagian selatan.

Pengembangan PLTB Berdasarkan RUEN dan RUPTL

Pengembangan PLTB berdasarkan RUEN diproyeksikan dengan total kapasitas terpasang sebesar 1,8 GW pada tahun 2025 dan meningkat



Sumber: <http://indonesia.windprospecting.com>

Gambar 1. Peta Kecepatan Angin di Indonesia

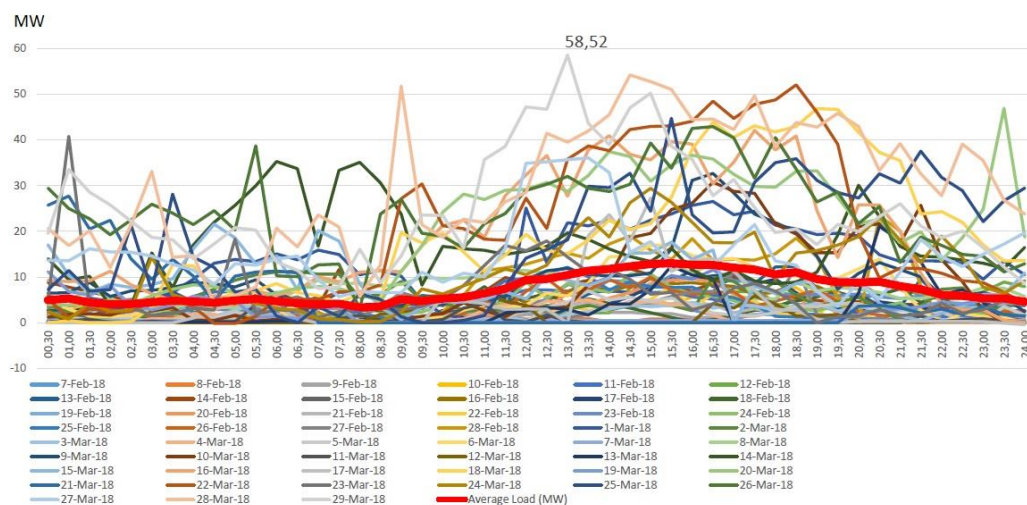
menjadi 28,0 GW pada tahun 2050 atau 46% dari potensi tenaga bayu yang sebesar 60,6 GW. Rencana tersebut merupakan *committed project* dari pemerintah pusat dan belum dapat memenuhi target kapasitas yang direncanakan dalam KEN. Diharapkan pemerintah daerah turut berperan mengembangkan *potential project* sesuai dengan prospeknya. Keseluruhan potensi, kapasitas terpasang PLTB untuk setiap provinsi dan 85% BPP pembangkitan serta penggunaan listrik per kapita ditunjukkan pada Tabel 1.

Berdasarkan RUPTL [6], pengembangan kapasitas PLTB sampai tahun 2025 hanya sebesar 850 MW yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan RUEN. Rencana pengembangan yang besar berada di wilayah Pulau Jawa yang disesuaikan dengan besarnya kebutuhan listrik di wilayah tersebut. Secara teknis, rencana

pengembangan ini prospektif, namun secara keekonomian belum tentu layak untuk dikembangkan.

Pembangkit Intermiten

PLTB merupakan pembangkit yang bersifat intermiten. Intermiten berarti tidak dapat memberikan daya listrik yang tetap selama 24 jam sehari. Sifat intermiten ini dapat diperlihatkan pada kurva pembebanan PLTB Sidrap seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Ketidakstabilan daya listrik tersebut dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan iklim. Oleh karena itu dalam operasional PLTB harus dibarengi dengan pembangkit lain yang dapat memasok listrik secara kontinu. PLTB perlu terinterkoneksi dengan pembangkit lain yang tidak intermiten. Dalam interkoneksi ini harus memenuhi aturan jaringan sistem tenaga listrik



Gambar 2. Kurva Pembebanan PLTB Sidrap [9]

Tabel 1. Potensi Pengembangan PLTB dan BPP Pembangkitan

Provinsi	Potensi	Target Kapasitas 2025		Kebutuhan Listrik 2018	85% BPP	
	PLTB	RUEN	RUPTL		Min	Mak
	MW	MW	MW	kWh/kapita	cent\$/kWh	cent\$/kWh
Maluku	3.188	113,8	0	337	17,72	18,14
Maluku Utara	504	0	0	326	13,71	18,14
Papua Barat	437	10,5	0	978	8,74	18,14
Papua	1.411	68,5	0	171	12,89	18,14
Nusa Tenggara Timur	10.188	266,1	20	173	14,94	18,09
Sulawesi Utara	1.214	20,8	0	675	11,44	17,48
Sulawesi Tengah	908	0	0	364	6,99	17,27
Nusa Tenggara Barat	2.605	72,4	0	354	12,20	16,30
Kep. Bangka Belitung	1.787	9,1	0	730	10,74	16,00
Sulawesi Selatan	4.193	230,5	60	624	7,01	14,59
Sulawesi Tenggara	1.414	56,6	0	344	13,85	14,14
Kepulauan Riau	922	0	0	1.400	10,65	13,52
GORONTALO	137	0	0	425		11,44
Kalimantan Tengah	681	34,2	0	460		10,03
Kalimantan Selatan	1.006	8,8	70	622		10,03
Aceh	894	32,4	0	490		9,98
Riau	22	0	0	642		9,87
Kalimantan Barat	554	27,6	0	474		9,10
Kalimantan Timur	212	0	0	947		8,99
Kalimantan Utara	73	0	0	255		8,99
Sumatera Utara	356	0	0	725		8,65
Sulawesi Barat	514	82,4	0	255		7,01
Jambi	37	0	0	341		6,33
Sumatera Selatan	301	0	0	651		6,33
Bengkulu	1.513	27,8	0	462		6,33
Sumatera Barat	428	0	0	650		6,32
Lampung	1.137	22,2	0	509		6,20
Jawa Timur	7.907	46,8	120	907		5,90
DKI Jakarta	4	0	0	3.131		5,87
Jawa Barat	7.036	410,9	230	1.013		5,87
Jawa Tengah	5.213	36,9	100	683		5,87
DI Yogyakarta	1.079	60,1	0	751		5,87
Banten	1.753	150,0	245	1.825		5,87
Bali	1.019	11,5	5	1.235		5,87
Indonesia	60.647	1.800	850	885	-	6,68

Keterangan: Diolah dari [6, 8, 15, 16, 17], Nilai 85% BPP pembangkitan dari sub sistem kecil di Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara, dan Papua: sebesar 18,14 cent\$/kWh.

(*grid code*). *Grid code* merupakan peraturan, persyaratan, dan standar untuk menjamin keamanan dan keandalan dalam pengoperasian sistem secara efisien untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik. Sistem dilengkapi dengan pengendali operasi sistem (*dispatcher*) yang melaksanakan pengendalian operasi sistem sesuai ketentuan *grid code*.

Sifat intermiten PLTB dapat diantisipasi dengan peralatan pengaturan tegangan dan

frekuensi otomatis [10]. PLTB perlu dilengkapi dengan sensor cuaca supaya dapat memprediksi keluaran daya. Keluaran daya PLTB yang sangat bervariasi harus diimbangi dengan *spinning reserve* yang cukup agar frekuensi sistem tetap terjaga [9]. Berdasarkan *grid code*, rentang frekuensi sistem diatur supaya operasi sistem tetap stabil. Apabila frekuensi sistem berada di luar ambang batas, maka akan berakibat pemadaman pembangkit lain, sehingga perlu penggunaan

automatic dispatch control (ADC) atau *supervisory control and data acquisition* (SCADA) untuk sistem interkoneksi yang besar. Pengoperasian PLTB yang intermiten menjadi tantangan tersendiri bagi pengembang pembangkit energi terbarukan.

Data Teknis PLTB dan *Power Purchase Agreement*

Data teknis dan keekonomian PLTB Sidrap dapat menjadi pedoman dalam pengembangan PLTB selanjutnya. PLTB Sidrap dioperasikan oleh PT UPC Sidrap Bayu Energi dengan investasi sebesar 150 juta USD. PT UPC Sidrap Bayu Energi merupakan konsorsium yang terdiri atas UPC Renewables Asia I, UPC Renewables Asia III, Sunedison dan Binatek Energi Terbarukan. Turbin angin buatan Siemens dengan tipe Gamesa. Wilayah Sidenreng Rappang (Sidrap) memiliki kecepatan angin yang bagus yaitu sekitar 7 m/s [11, 12]. Data teknis kincir angin PLTB Sidrap yang lengkap ditunjukkan pada Tabel 2.

Penandatanganan jual beli listrik atau *power purchase agreement* (PPA) untuk PLTB Sidrap antara PLN dan pengembang sudah dilakukan tanggal 18 Agustus 2015 dengan harga sebesar 11,41 cent\$/kWh [4]. Sedangkan untuk PLTB Tolo I, PPA telah dilakukan tanggal 14 November 2016 dengan harga jual listrik sebesar 10,89 cent\$/kWh [14]. Pemerintah mengharapkan harga jual listrik untuk PLTB yang akan dibangun mendatang bisa lebih murah dari sebelumnya.

Analisis BPP Pembangkitan

Sugiyono dan Wijaya [8] sudah membahas BPP pembangkitan tahun 2018 per wilayah PLN sesuai dengan Keputusan Menteri ESDM No. 55.K/20/MEM/2019. PLTB layak dibangun bila 85% BPP pembangkitan di wilayah itu lebih besar dari PPA yakni sebesar 10,89 – 11,41 cent\$/kWh. Nilai 85% BPP pembangkitan diatur berdasarkan Peraturan Menteri ESDM No. 53/2017. Keekonomian PLTB di setiap wilayah ditunjukkan pada Tabel 1.

Berdasarkan RUEN, kapasitas PLTB sampai tahun 2025 ditargetkan sebesar 1,800 MW dan hanya sebesar 850 MW dalam rencana RUPTL PLN. Setelah mempertimbangkan keekonomian berdasarkan BPP pembangkitan, hanya sebesar 80 MW yang layak dikembangkan yaitu di Nusa Tenggara Timur dan Sulawesi Selatan. Wilayah dengan jaringan interkoneksi seperti di Jawa, Sumatera, dan Kalimantan tidak

layak untuk dikembangkan PLTB, kecuali di sub sistem kecil, seperti Karimun Jawa, Pulau Panjang dan Pulau Weh. Disamping keekonomian tersebut, masih ada parameter penting lainnya yang perlu dipertimbangkan yaitu kebutuhan listrik di wilayah tersebut, adanya jaringan interkoneksi dengan pembangkit lain yang kontinu, serta sudah memenuhi ketentuan *grid code*.

Tabel 2. Data Teknis Kincir Angin [13]

Data	Keterangan
Umum	
Daya	2,625 MW
Kelas angin	IEC IA/IIA/S
Kontrol	<i>Pitch</i> dan kecepatan variabel
Temperatur operasi standar	Rentang 20°C – 35°C
Rotor	
Diameter	114 m
Swept area	10.207 m ²
Kepadatan daya	257,18 W/m ²
Sudu-sudu	
Panjang	56 m
Material	<i>Fiberglass</i> diperkuat dengan resin epoksi atau poliester
Tinggi Tower	80 m
Tipe Gearbox	3 stages
Generator	
Tipe	Mesin induksi <i>doubly-fed</i>
Tegangan	690 V AC
Frekuensi	50 Hz/60 Hz
Kelas proteksi	IP 54
Faktor daya	0,95

Wilayah yang mempunyai prospek untuk pengembangan PLTB berdasarkan BPP pembangkitan sebagian besar berada di Indonesia Timur dengan sub sistem kecil. Pengembangan di wilayah tersebut perlu melihat lebih lanjut sisi kebutuhan listrik serta jaringan interkoneksinya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

- Target dan rencana pengembangan PLTB berdasarkan RUEN dan RUPTL sangat sulit untuk tercapai.
- Pengembangan PLTB yang prospektif berdasarkan BPP pembangkitan sebagian besar berada di Indonesia Timur dengan sub sistem

kecil dan kebutuhan listriknya masih belum cukup besar.

- Wilayah yang sudah terinterkoneksi secara baik seperti di Jawa dan Sumatera serta mempunyai potensi PLTB yang cukup besar, belum layak untuk dikembangkan. Padahal di wilayah tersebut diharapkan energi terbarukan dapat berperan besar dalam bauran energi nasional.
- Pengembangan PLTB yang bersifat intermiten perlu mempertimbangkan adanya interkoneksi dengan pembangkit lain yang kontinu serta jaringan interkoneksi yang sudah memenuhi ketentuan *grid code*.

Saran

Dengan kebijakan BPP pembangkitan, pemerintah berusaha menjaga harga listrik yang tetap terjangkau masyarakat serta tidak menambah beban subsidi. Namun kebijakan ini menyebabkan potensi PLTB tidak dapat dimanfaatkan secara optimal. Perlu pemikiran dan terobosan baru yang bisa membuat investor mendapatkan keuntungan yang memadai dalam pengembangan PLTB. Pada masa transisi saat ini biaya investasi PLTB memang masih cukup tinggi. Pemerintah diharapkan dapat mendorong pengembangan industri PLTB dalam negeri sehingga ke depan biaya investasi dapat menurun seiring dengan pengembangan energi terbarukan yang semakin masif.

KONTRIBUSI PENULIS

Semua penulis berkontribusi sama dalam penulisan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Saputri, PLTB Sidrap yang Pertama di Indonesia Diresmikan Jokowi Hari Ini, *tirto.id*, 02/07/2018, diakses 03/07/2020.
- [2] A. Arvirianty, PLTB Jenepono & Asa Energi Terbarukan Pembangkit Listrik, CNBC Indonesia, 26 February 2019.
- [3] A. Pribadi, PLTB Tolo Sukses Beroperasi Komersial, Tahap II Siap Dikembangkan, Siaran Pers Kementerian ESDM, 6 September 2019.
- [4] I. Jonan, Renewable Energy for Sustainable Development, *The 2nd World Parliamentary Forum, Bali*, September 12th, 2018.
- [5] Kemenlu, Special Issues: Climate change, Kementerian Luar Negeri, 07/April/2019, *kemlu.go.id*, diakses 11 Maret 2020.
- [6] PLN, *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2019-2028*, PT PLN (Persero), Jakarta, 2019.
- [7] U. Priyanto, *Perspektif, Potensi, dan Ketahanan Energi Indonesia*. Tempo, 2018.
- [8] A. Sugiyono dan P.T. Wijaya, Dampak Kebijakan Biaya Pokok Penyediaan Pembangkitan Listrik Terhadap Pengembangan Pembangkit Listrik Berbasis Energi Terbarukan, *Prosiding Seminar Nasional Asosiasi Analisis Kebijakan*, hal. 9-19, AAKI, Maret 2020.
- [9] Ditjen Gatrik, Kebijakan Peningkatan Pemanfaatan EBT untuk Pembangkit Tenaga Listrik, *Seminar Road to Energy Transition*, METI, Jakarta, 12 September 2019.
- [10] PLN, *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2018-2027*, PT PLN (Persero), Jakarta, 2018.
- [11] The Wind Power, Sidrap (Indonesia) - Wind farms, *thewindpower.net*, 6 September 2019.
- [12] A.R. Amelia, Pembangkit Listrik Tenaga Angin Terbesar di Indonesia Beroperasi 2018, *katadata.co.id*, 02/10/2017.
- [13] Siemens, *Technology with extensive experience and validation*, Siemens Gamesa Renewable Energy, S.A., 2019.
- [14] KESDM, Tolo-I Jenepono: Pembangkit Listrik Tenaga Angin Terbesar Kedua, Progress Capai 65%, Media Center, Kementerian ESDM, Senin, 26 Februari 2018.
- [15] Ditjen Gatrik, *Statistik Ketenagalistrikan 2018*, Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan, Kementerian ESDM, 2019.
- [16] PLN, *PLN Statistik 2018*, PT PLN Persero, 2019.
- [17] BPS, *Statistik Indonesia 2018*, Badan Pusat Statistik, 2019.