G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan

Volume 6, No. 2, Oktober 2022, hal. 91-99
E-ISSN: 2623-064x | P-ISSN: 2580-8737

Strategi Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Air Mini/Mikro Hidro di Indonesia

Lena Tria Melati[1]✉, Imam Supriyadi[2], Yusuf Ali[3]

[1, 2] Program Pascasarjana, Program Studi Ketahanan Energi, Fakultas Manajemen Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia

[3] Program Doktoral Ilmu Pertahanan Konsentrasi Manajemen Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 28-05-2022
Direvisi : 16-06-2022
Diterima : 18-06-2022

ABSTRAK

Salah satu *renewable energy* yang memiliki potensi besar di Indonesia adalah energi air. Indonesia memiliki kapasitas tenaga air sebesar 76000 MW. Teknologi mikrohidro dan minihidro merupakan teknologi yang tepat untuk dikembangkan di wilayah terpencil di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa perkembangan teknologi PLTMH di Indonesia serta melihat strategi pengembangan yang tepat untuk PLTMH di Indonesia. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif yang menggunakan metode studi literatur dan analisis *SWOT*. Hasilnya menunjukkan bahwa dalam periode 2014 hingga 2021, teknologi PLTMH di Indonesia mengalami perkembangan yang signifikan, terutama di luar Pulau Jawa sehingga meningkatkan rasio elektrifikasi di Indonesia. Hal ini berkaitan dengan keunggulan mikrohidro yang dapat meraih wilayah-wilayah terpencil. Hasil analisis *SWOT* menunjukkan bahwa strategi pengembangan PLTMH sebaiknya berfokus pada aspek *strengths* dan *opportunities* saat ini. Dan diharapkan teknologi PLTMH saat ini lebih terarah pada pengembangan *hybrid renewable energy sources* (HRES).

Kata Kunci:

EBT, Strategi, PLTMH, *SWOT*, HRES.

Keywords **:**

Renewable, strategy, MHP, SWOT, HRES.

ABSTRACT

One of the renewable energy that has great potential in Indonesia is water energy. Indonesia has a hydropower capacity of 74976 MW. Of this potential capacity, only 9% is utilized. It's indicates that the development of micro-hydro/mini-hydro power plants (MHP) in Indonesia is still quite slow. Therefore, this study aims to analyze the development of MHP technology in Indonesia and see the appropriate development strategy for MHP in Indonesia. This is a qualitative research that used literature study method to collect data. Furthermore, the SWOT analysis method is also used to analyze the strategy. Over a period of four years, from 2011 to 2014, the installed capacity of MHP only increased by 2.6 MW. Yet, the ratio of electricity supply in Indonesia has increased significantly. This is possibly related to the advantages of MHP which can reach remote areas. The SWOT results show that MHP development strategy should be focusing on the strengths and opportunities of MHP technology. Nowadays, research on MHP is more focused on developing hybrid renewable energy sources (HRES).

Corresponding Author **:**
Lena Tria Melati
Program Studi Ketahanan Energi, Fakultas Manajemen Pertahanan, Universitas Pertahanan Republik Indonesia
Jl. Salemba Raya No. 14, RT. 3/ RW. 6, Kenari, Kecamatan Senen, Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10430
Email: lenatriam@gmail.com

This is an open access article under the CC BY license

PENDAHULUAN

Saat ini permintaan akan energi terbarukan semakin meningkat. Hal ini berkaitan dengan dengan fenomena pemanasan global yang saat ini terjadi. Suhu rata-rata global meningkat hampir 2^{o}C lebih tinggi dibanding pra-industri (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2019). Untuk membatasi peningkatan suhu menjadi 1.5^{o}C, semua negara di dunia bekerjasam untuk meraih *Net Zero Emission* (NZE) pada tahun 2050. Salah satu upaya yang dilakukan yaitu,dengan pengalihan dari energi fosil menuju energi terbarukan. Selain itu, kelangkaan bahan bakar fosil juga menjadi faktor pendorong lain yang memaksa kita untuk beralih pada energi terbarukan (Kurulekar, et al., 2021).

Salah satu alternatif energi terbarukan yang cukup menjanjikan adalah energi air. Energi air merupakan salah satu energi terbarukan yang paling matang (Signe, et al., 2017). Penggunaan air yang mengalir untuk menghasilkan energi listrik telah diperkenalkan sejak tahun 1882 (Jawahar & Michael, 2017). Saat ini, kurang lebih 19% dari total energi dunia merupakan listrik yang dihasilkan oleh tenaga air (Kurulekar, et al., 2021). Di antara teknologi pembangkit listrik tenaga air, mikro-hidro dan minihidro merupakan teknologi PLTA yang cukup menjanjikan. Hal ini berkaitan dengan keuntungannya, berupa sedikitnya ruang yang diperlukan, keandalan, serta biaya pengembangan yang lebih rendah (Jawahar & Michael, 2017). Menurut Comino, et al. (2019), keunggulan lainnya dari teknologi ini adalah, lebih ramah lingkungan dibanding teknologi pembangkit listrik tenaga air besar. Kedua teknologi ini masing-masing mampu menghasilkan listrik hingga 100 KW (mikrohidro) (Sanampudi & Kanakasabapathy, 2021) dan 25 MW (minihidro) (Comino, et al., 2019), sehingga cocok untuk daerah-daerah komunitas kecil dan terpencil yang pada umumnya banyak terdapat di negara-negara berkembang, termasuk Indonesia.

Menurut Purwanto, et al., (2017) sebagian besar wilayah Indonesia memiliki bentuk muka bumi berupa dataran tinggi, pegunungan dan perbukitan. Akibatnya banyak pemukiman penduduk di daerah tersebut cenderung memencar dengan jumlah komunitas yang cukup kecil dan sulit dijangkau. Hal ini mengakibatkan masih banyaknya wilayah pemukiman penduduk, terutama desa/kampung, di Indonesia yang belum mendapatkan akses listrik. Teknologi mikrohidro dan minihidro merupakan solusi yang tepat untuk memenuhi kebutuhan listrik di desa-desa tersebut (Marliansyah, et al., 2018). Namun, pengembangan teknologi minihidro dan mikrohidro di Indonesia masih cukup lambat. Hal ini kemungkinan berkaitan dengan strategi pengembangan kedua teknologi tersebut yang masih belum tepat.

Karya tulis ini bertujuan untuk memaparkan lebih jauh perkembangan kedua teknologi tersebut berdasarkan studi literatur terkait perkembangan terkini Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Indonesia serta menentukan strategi pengembangan yang paling sesuai bagi kedua teknologi tersebut berdasarkan hasil analisis *SWOT*. Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat menjadi rujukan untuk pengembangan teknologi PLTMH di Indonesia sehingga meningkatkan rasio pengadaan listrik terutama untuk daerah-daerah terpencil.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif. Penelitian kualitatif adalah penelitian yang menghasilkan penemuan-penemuan yang tidak dapat dicapai dengan menggunakan prosedur-prosedur statistik atau dengan cara kuantitatif lainnya (Farida, 2014). Sedangkan data yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan menggunakan metode studi literatur. Sebagai suatu metode penelitian, studi literatur harus mengikuti dengan benar langkah-langkah perlu diikuti dan tindakan yang harus dilakukan untuk memastikan tinjauan cermat, tepat, dan dapat dipercaya. Metode ini merupakan salah satu metode yang cocok digunakan pada suatu penelitian yang bertujuan untuk memberikan gambaran tentang masalah tertentu atau permasalahan penelitian (Snyder, 2019). Sehingga metode ini cocok digunakan dalam penelitian ini.

Literatur yang dimaksud dalam penelitian ini berupa buku, jurnal, skripsi/tesis/disertasi, serta makalah yang berhubungan dengan pengembangan PLTMH, baik yang berasal dari Indonesia maupun dari luar negeri. Sumber yang dipilih merupakan literature yang dicari dengan menggunakan kata kunci PLTMH, mini hidro, mikro hidro, dan *SWOT* baik dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Data yang digunakan dalam paper ini terbatas pada data yang ada dalam publikasi-publikasi ilmiah terkait dan bukan merupakan hasil pengukuran langsung di lapangan oleh penulis. Dalam penyusunan Karya tulis ini, penulis menemukan beberapa literatur yang mengkategorikan PLTMH sebagai minihidro dan mikrohidro, karena pada saat ini pembagian antara minihidro dan mikrohidro di Indonesia masih sangat rancu dan beberapa penelitian di Indonesia mengkategorikan kedua teknologi tersebut sebagai PLTMH (Farida, 2014; Hardjomuljadi & Siswoyo, 2012; Keuangan, 2016; Negara, 2022; Purwanto et al., 2017; Rekinagara et al., 2018; Rosaira & Hermawati, 2014; Saharo et al., 2021; Sanampudi & Kanakasabapathy, 2021; Setiawan et al.; Signe et al., 2017; Snyder, 2019). Sehingga data yang diambil dalam penyusunan Karya tulis ini mungkin saja berbeda dengan kenyataannya. Menyesuaikan dengan hal tersebut, PLTMH pada tulisan ini akan merujuk pada teknologi minihidro dan mikrohidro. Sedangkan penyebutan minihidro dan mikrohidro secara khusus diberikan pada data yang memberikan kategori dengan jelas. Publikasi ilmiah yang dijadikan sumber dalam penelitian ini merupakan publikasi ilmiah terkait mikrohidro selama 10 tahun terakhir.

Analisis *SWOT* adalah sebuah metode perencanaan terstruktur yang digunakan untuk mengevaluasi *Strengths, Weaknesses, Opportunities*, dan *Threats* yang ada pada suatu proyek atau usaha bisnis (Asmaranto, et al., 2021). Analisis *SWOT* dilakukan untuk melihat potensi pengembangan PLTMH di Indonesia, serta menentukan strategi yang tepat untuk pengembangan PLTMH kedepannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan PLTMH di Indonesia

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki potensi tenaga air yang besar. Menurut IESR (2021), kapasitas potensial tenaga air di Indonesia sekitar 75,091 MW, serta kapasitas potensial tenaga mikro-mini hidro sebesar 19,395 MW. Namun dari kapasitas tersebut baru sekitar 3,504.42 MW kapasitas PLTA yang terpasang pada tahun 2021. Sedangkan untuk tenaga mikro-mini hidro, kapasitas terpasangnya mencapai 83.3 MW. Kapasitas tersebut telah mengalami peningkatan yang sangat signifikan bila dibandingkan kapasitas terpasang pada tahun 2005 saat tenaga hidro baru mulai dikembang di Indonesia, yaitu sebesar 0,45 MW (Gokhale, et al., 2017). Perkembangan pembangunan potensi tenaga air dan tenaga mikro-mini hidro, disajika pada Tabel 1.

Tabel 1. Kapasitas Terpasang PLTA-PLTMH Tahun 2013-2021 (MW)

No.	PLTA	PLTMH
2013	3,519.49	-
2014	3,526.90	2.60*
2015	3,566.15	-
2016	3,567.83	-
2017	3,583.15	-
2018	3,582.98	-
2019	3,583.98	-
2020	3,584.07	-
2021	3,504.42	83.3

(PLN, 2022; *ESDM dalam Gokhale, *et al.*, 2017)

Akibat beberapa hal, seperti kepunahan biodiversitas dan kerusakan lingkungan, pembangunan PLTA skala besar tidak dapat dilakukan. Bahkan beberapa PLTA tidak lagi beroperasi, sehingga terjadi penurunan kapasitas PLTA (lihat Tabel 1). Maka dalam hal ini, pembangunan pembangkit listrik tenaga minihidro dan mikrohidro bisa menjadi solusi terbaik. Terlebih, banyak kebanyakan sungai di Indonesia bisa menjadi sumber enrgi untuk mini/mikrohidro. Selain itu sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, bahwa energi air merupakan salah satu bentuk energi terbarukan yang paling matang. Bahkan di Indonesia sendiri, terdapat beberapa PLTMH yang dibangun sejak masa penjajahan Belanda (Gokhale, et al., 2017). Oleh karena itu, masyarakat cederung lebih terbuka dengan adanya PLTMH dibandinkan PLTA. Hal tersebut merupakan beberapa faktor pendorong pengembangan PLTMH sehingga dapat berkembang dengan cukup signifikan (Tabel 1).

Tabel 2. Kapasitas Terpasang Pembangkit Tenaga Mikro-Mini Hidro Tahun 2014 dan 2021 (MW)

Wilayah	2014*	2021**
Luar Jawa	2.56	77.47
Pulau Jawa	0.39	5.84
Total	2.60	83.31

(PLN, 2022; ESDM dalam Gokhale, *et al.*, 2017)

Tabel 2 menunjukkan data kapasitas terpasang pembangkit tanaga mikro-mini pada tahun 2014 dan 2021. Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa dalam 7 tahun terjadi penambahan energi listrik hasil PLTMH sebesar 80.71 MW. Selain itu terlihat bahwa sebagian besar pengembangan PLTMH terjadi di wilayah Luar Jawa. Hal ini menunjukkan terjadinya peningkatan pada pengadaan listrik di Indonesia. Sesuai dengan pendapat Gokhale, et al., (2017) bahwa rasio peyediaan listrik di Indonesia mengalami peningkatan yang cukup signifikan akibat pengembangan PLTMH. Hal ini berkaitan dengan kesulitan akses untuk pengadaan listrik di daerah-daerah terpencil dan sulit terjangkau. Kedepannya, jika PLTMH terus dikembangkan, maka akan ada lebih banyak lagi desa/kampung terpencil susah yang akhirnya mendapatkan akses listrik. Terutama pada daerah terpencil yang terletak di pegunungan yang dekat dengan sumber air yang mengalir, seperti wilayah Gunung Kidul (Rekinagara, et al., 2018) atau daerah terpecil dengann akses jalan yang susah namun dekat dengan sungai kecil.

Karena itulah PLTMH cocok untuk daerah di luar Jawa yang akibat kondisi topografinya mengakibatkan pemukiman penduduk di Indonesia terpencar-pencar. Karena itulah teknologi minihidro dan mikro perlu dikembangkan lagi di wilayah-wilayah tersebut.

Teknologi PLTMH

PLTMH yang saat ini ada di Indonesia, tidak semuanya berada di bawah naungan PLN. Sebagian dari PLTMH tersebut, merupakan kepemilikan pribadi suatu unit usaha, atau merupakan milik suatu desa. Dan karena itu tidak semua listrik yang dihasilkan PLTMH didistribusikan melalui jaringan PLN. Listrik yang didistribusikan melalui jaringan PLN disebut sebagai listrik on grid. Sedangkan listrik yang tidak melalui jaringa PLN merupakan listrik off grid. Tentu saja teknologi yang digunakan pada keduanya juga akan berbeda. Perbedaan teknologi ini akan mempengaruhi output listrik ynag dihasilkan.

Hal lain yang mempengaruhi output listrik yang dihasilkan di suatu PLTMH adalah turbin yang digunakan. Turbin yang dapat dipakai untuk pembangit mikrohidro umumnya dibagi ke dalam dua jenis. Pertama turbin impuls, yang termasuk ke dalam jenis ini adalah turbin turgo, pelton dan *crossflow.* Jenis kedua adalah turbin reaksi. Termasuk ke dalamnya yaitu turbin Francis dan Kaplan/baling-baling. Selain itu ada juga turbin jenis pump as turbine, screw turbine, dan pipe reaction turbine. Gambaran kinerja dari beberapa turbin-turbin tersebut dapat dengan parameter berbeda-beda dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil penelitian kinerja turbin untuk pebangkit listrik mikrohidro

Turbin	*Head* Neto (m)	Debit (L/s)	Keluaran (kW)	Efisiensi (%)
Axial Pump as Turbine	4	200	6	61
Reaction Turbine	1.45	30	0.28	65–70
Single Stage Centrifugal Pump Turbine	15	25	3	60
Propeller Tturbine	4–9	–	20	68
Nano Hydraulic Turbine	1.2	1–3	0.1–0.2	20
Axial (Kaplan) Turbine	24	117		85
Cross Flow Turbine	8.5–10	10–70		55
	35	135		70
	5.5	100	3.5	85
	6	175	6.2	60
	3	420	2.5	83
	10	100	7.3	77
		820		89
Pelton and Turgo Turbine	13–28	–	< 5	80
Simple Recation Turbine	1–4	1–8	0.15	50
Turgo Turbine	1–3.5	10	0.25	87–91
Pump as Turbine	5.98	133	6.2	79
	25	150	30	

(Jawahar & Michael, 2017)

Data di atas merupakan kumpulan data sekunder yang didapatkan dari berbaga penelitian yang melakukan pengamatan kinerja dari masing-masing turbin tersebut. Berdasarkan data di Tabel 3, dapat dilihat bahwa setiap turbin menghasilkan efektifitas kinerja yang berbeda tergantung pada head neto dan debit alirannya. Berdasarkan data di atas dapat dilihat bahwa turbin *cross flow* menghasilkan efektifitas kinerja yang cukup tinggi jika digunakan pada debit aliran yang kuat, sedangkan untuk debit aliran yang lemah Turbin Turgo memiliki efektifitas kinerja yang lebih baik. Untuk wilayah pegunungan di Indonesia yang rata-rata memiliki sungai dengan *head* yang tinggi dan debt aliran yang tidak terlalu besar, maka *Axial (Kaplan) Turbine* da *Cross Flow Turbine* merupakan pilihan yang tepat.

Analisis *SWOT*

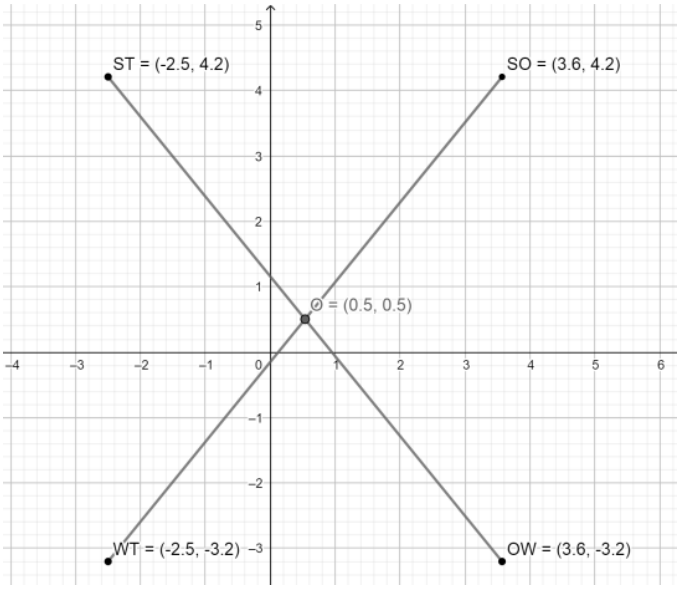
Analisis *Strengths, Weaknesses, Opportunities, dan Threats* dibuat berdasarkan data dan informasi dari beberapa publikasi terkait. Berdasarkan hasil analisa dan kajian yang telah dilakukan, berikut adalah kriteria-kriteria *SWOT* untuk pengembangan PLTMH di Indonesia (Tabel 4).

Tabel 4. Kriteria *SWOT* PLTMH di Indonesia

No.	*Strengths*	No.	*Opportunities*
1	PLTMH merupakan salah satu teknologi EBT yang sudah matang (Signe, *et al,* 2017).	1	PLTMH dapat dimanfaatkan sebagai area wisata (Saharo, *et al.,* 2021) (Rakinagara, *et al.*, 2018).
2	Data lokasi yang tepat untuk pendirian PLTMH dapat diperoleh dari PLN (Otoritas Jasa Keuangan, 2016).	2	Potensi pemberdayaan masyarakat sekitar untuk mengelola PLTMH (Asmaranto, *et al.,* 2021).
3	Pemerintah setempat cenderung mendukung pengembangan PLTMH	3	Ramah lingkungan

No.	*Strengths*	No.	*Opportunities*
	(Saharo, *et al.,* 2021) (Asmaranto, *et al.,* 2021).		
4	Sudah ada regulasi tentang pembelian tenaga listrik dari PLTA (Permen ESDM No. 19 tahun 2015) (OJK, 2016).	4	Cocok untuk daerah pedesaan di Indonesia (Saharo, *et al.,* 2021) (Asmaranto, *et al.,* 2021) (Marini, 2018).
5	Mendukung program pemerintah sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional (Marini, 2018).	5	Berpotensi meningkatkan produktivitas masyarakat sekitar lokasi PLTMH (Rosaira & Hermawati, 2014).
No.	***Weaknesses***	**No.**	***Threats***
1	Proses untuk mendapatkan *Power purchase agreement* cukup rumit dan lama (OJK, 2016).	1	Beberapa PLTMH yang sudah dibangun belum bekerja secara efektif (Marliansyah, 2018) (Setiawan, *et al.,* 2021) (Dwiyanto, *et al.*, 2016).
2	Umumnya akses menuju lokasi PLTMH atau Lokasi potensial cukup sulit (Asmaranto, *et al.,* 2021) (Rakinagara, *et al.*, 2018).	2	Keamanan (Marini, 2018) (Rakinagara, *et al.*, 2018).
3	PLTMH yang dikelola kelompok desa biasanya belum memiliki badan hukum (Asmaranto, *et al.,* 2021) (Rosaira & Hermawati, 2014).	3	Berpotensi menjadi teknologi yang konsumtif (Setiawan, *et al.,* 2021).
4	Investasi awal cukup besar (Setiawan, *et al.,* 2021).	4	Masalah sanitasi sungai (Saharo, *et al.,* 2021) (Rakinagara, *et al.*, 2018).
5	Penurunan tenaga listrik yang dihasilkan saat kemarau (Setiawan, *et al.,* 2021).	5	Potensi banjir pada sungai (Rakinagara, *et al.*, 2018) dan sendimentasi (Dwiyanto, *et al.*, 2016).

Hasil perbadingan antara faktor internal dan eksteral dapat dilihat pada Gambar 1. Hasil perbadingan terhadap kriteria-kriteria tersebut memberikan posisi strategis yaitu pada kuadran II (posisi agresif). Hal ini menunjukkan bahwa strategi yang paling tepat untuk pengembangan mikrohidro di Indonesia kedepannya adalah strategi agresif yang berdasarkan kriteria *Strengths-Opportunities* (SO).



Gambar 1. Matriks Posisi Hasil Analisis *SWOT* untuk PLTMH di Indonesia

Beberapa strategi yang dikembangkan berdasarkan kriteria SO di antaranya:

- Memanfaatkan teknologi dan data Mikrohidro yang sudah sangat berkembang untuk mengeskploitasi daerah-daerah mana yang benar-benar dapat dikembaangkan sebagai lokasi mikrohidro.
- Meningkatkan nilai guna PLTMH yang sudah ada untuk tempat wisata, dan atau untuk tujuan lainnya yang mendukung perkembangan masyarakat.
- Melakukan kerjasama dengan pemerintah daerah setempat, khususnya di desa-desa terpencil yang memiliki potensi untuk pendirian PLTMH.
- Melakukan pendampingan dan pelatihan baagi masyarakat setempat agar dapat mengelola dan/atau merawat PLTMH yang ada.

Prospek Teknologi PLTMH di Masa Depan

Saat ini penelitian terkait teknologi minihidro dan mikro hidro lebih terfokus pada pengembangan teknologi PLTMH yang cocok untuk lokasi-lokasi dengan kondisi tertentu, misalnya penelitian mengenai pengembangan teknologi PLTMH apung (Harbelubun, et al., 2019), serta pengembangan PLTMH sebagai bagian dari hybrid renewable energy sources (HRES). Beberapa penelitian yang telah dilakukan, misalnya hybrid minihidro dengan sistem gasifikasi biomassa (Abdulrahim & Chung, 2021), mikro hidro-sistem PV (Naim, 2019), minihidro-PV system (Modabber & Manesh, 2020), dan masih banyak lagi.

Salah satu hasil pemodelan sistem hybrid mikro hidro-PV dibuat dengan memanfaatkan program aplikasi HOMER, dengan menggunakan *schematic modular pumped hydro energy storage* (MPHES) pada aplikasi tersebut. Dimana berdasarkan hasil pemodelan tersebut, menunjukkan penambahan output sebesar 15.8 % (Naim, 2019). Melihat hasil dari penelitian yang cukup optimis, maka tidak salah kalau dikatakan bahwa teknologi hybrid minihidro dan mikro hidro tersebut cukup menjanjikan di masa depan. Mengingat bahwa energi hidro merupakan energi yang lebih pasti disbanding energi terbarukan lainnya yang cederung bersifat intermiten dan lebih waktu yang diperlukan untuk menghasilkan o*utput* lebih cepat. Sehingga PLTMH cocok digunakan sebagai pedukung *baselod* maupun *peakload.*

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan uraian yang telah diberikan di atas, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut: 1) Potensi pembangkit listrik mikrohidro dan minihidro yang belum dimanfaatkan di Indonesia masih cukup besar; 2) PLTMH yang ada saat ini tidak kesemuanya menggunakan jalur transmisi dari PLN. Hal ini mempengaruhi output yang dihasilkan dari PLTMH itu sendiri; 3) Strategi pengembangan PLTMH di Indonesia kedepannya sebaiknya menitikberatkan pada keunggulan (Strengths) PLTMH dan memanfaatkan peluang (*Opportunities*) yang menguntungkan untuk PLTMH di Indonesia saat ini; dan 4) HRES mikrohidro dan minihidro memiliki potensi yang sangat menjanjikan untuk dikembangkan di masa depan

Saran

Dalam artikel ini peneliti belum membahas secara keseluruhan teknologi pendukung dari PLTMH, misalnya generator, pipa pesat, dan lain-lain. Untuk itu dalam penelitian selanjutnya, sebaiknya dapat diulas secara lebih lengkap, terutama untuk teknologi PLTMH yang ada di Indonesia.

REFERENSI

Abdulrahim, A. H., & Chung, J. (2021). Hybridizing power and water cogeneration plants with biomass steam gasification systems: An Energy-Water-Waste (EW2) nexus case study. *Energy Conversion and Management*, *240*, 114253.

Asmaranto, R., Sugiarto, S., Widhiyanuriyawan, D., & Purnomo, M. (2020). Penguatan wilayah binaan mandiri energi melalui peningkatan kapasitas mikrohidro di Daerah Terpencil. *Jurnal Teknik Pengairan: Journal of Water Resources Engineering*, *11*(1), 18-25.

Comino, E., Dominici, L., Ambrogio, F., & Rosso, M. (2020). Mini-hydro power plant for the improvement of urban water-energy nexus toward sustainability-A case study. *Journal of Cleaner Production*, *249*, 119416.

Dwiyanto, V., Kusumastuti, D. I., & Tugiono, S. (2016). Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Studi Kasus: Sungai Air Anak (Hulu Sungai Way Besai). *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*, *4*(3), 407-422.

Farida, N. (2014). Metode penelitian kualitatif dalam penelitian pendidikan bahasa. *Solo: Cakra Books*.

Gokhale, P., Date, A., Akbarzadeh, A., Bismantolo, P., Suryono, A. F., Mainil, A. K., & Nuramal, A. (2017). A review on micro hydropower in Indonesia. *Energy Procedia*, *110*, 316-321.

Harbelubun, M. M., Asriany, S., & Rumkel, N. Teknologi Tepat Guna: Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Terapung (PLTMHT).

Hardjomuljadi, S., & Siswoyo, S. D. (2012). Development of mini/micro hydro power plant for rural electricity in Indonesia. *Jurnal Teknologi Energi*, *1*(6).

IESR. (2019). Laporan Status Energi Bersih Indonesia. *IESR, Jakarta*.

Igliński, B. (2019). Hydro energy in Poland: the history, current state, potential, *SWOT* analysis, environmental aspects. *International Journal of Energy and Water Resources*, *3*(1), 61-72.

IPCC. (2018). IPCC Special Report "Global Warming of 1.5° C": Summary for Teachers.

Jawahar, C., & Michael, P. A. (2017). A review on turbines for micro hydro power plant. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *72*, 882-887.

OJK. (2016). *Pembiayaan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hidro*.

Kurulekar, M., Kumar, K., Joshi, S., & Kulkarni, A. (2021). Integration of small hydro turbines into existing water conduit of an irrigation dependent power plant–A case study. *Materials Today: Proceedings*, *46*, 6581-6586.

Marini, L. F. (2018). *Perencanaan Strategi Pemanfaatan Energi Terbarukan Di Kabupaten Manokwari 2018-2025 Guna Mendukung Papua Barat Sebagai Provinsi Konservasi* Institut Teknologi Sepuluh Nopember].

Marliansyah, R., Putri, D. N., Khootama, A., & Hermansyah, H. (2018). Optimization potential analysis of micro-hydro power plant (MHPP) from river with low head. *Energy Procedia*, *153*, 74-79.

Modabber, H. V., & Manesh, M. K. (2021). 4E dynamic analysis of a water-power cogeneration plant integrated with solar parabolic trough collector and absorption chiller. *Thermal Science and Engineering Progress*, *21*, 100785.

Naim, Y., Pramoedyo, H., Harahab, N., & Nodjeng, S. (2019). Pengembangan PLTMH Menjadi Hybrid Renewble Energy System Berkelanjutan. *Logitech Teknik Elektro*, *2*(1), 21-26.

PLN. (2022). *Statistik PLN 2021 (Unaudited)*.

Purwanto, Ernawati, T., Dwiastuti, I., & Wiranta, S. (2017). *Pembangkit Listrik Mikrohidro (PLTMH) Sebuah Pilihan Belajar dari Koperasi Mekar Sari*. LIPI Press.

Rekinagara, I. H., Mugiyantoro, A., Hanani, A., & Dwinagara, B. (2018). Potential Development Of Micro-Hydro Power Plant In Bribin Underground River As Energy Efficiency On Gunung Sewu Karst, Gunung Kidul, Yogyakarta. Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology 2018,

Rosaira, I., & Hermawati, W. (2014). Dampak listrik PLTMH terhadap kehidupan sosial ekonomi masyarakat di Dusun Gunung Sawur, Desa Sumber Rejo, Candipuro, Lumajang. Prosiding Konferensi dan Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna,

Saharo, S., Afifa, I. H., Alfianata, M. G., & Asro, M. (2021). Kajian Potensi Sungai Cijalu sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dan Ekowisata di Desa Jenang. *Proceedings Uin Sunan Gunung Djati Bandung*, *1*(67), 183-199.

Sanampudi, N., & Kanakasabapathy, P. (2021). Integrated voltage control and frequency regulation for stand-alone micro-hydro power plant. *Materials Today: Proceedings*, *46*, 5027-5031.

Setiawan, E., Sujana, I., & Ivanto, M. Evaluasi Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Untuk Mengetahui Efisiensi Turbin Pada Desa Rirang Jati Kecamatan Nanga Taman Kabupaten Sekadau. *JTRAIN: Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin*, *2*(2), 90-96.

Signe, E. B. K., Hamandjoda, O., & Nganhou, J. (2017). Methodology of Feasibility Studies of Micro-Hydro power plants in Cameroon: Case of the Micro-hydro of KEMKEN. *Energy Procedia*, *119*, 17-28.

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of business research*, *104*, 333-339.