

PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRID (PV DAN MIKROHIDRO) TERHUBUNG GRID (Studi Kasus : Desa Merden, Kecamatan Padureso, Kebumen)

Ana Nur Azizah¹, Sugeng Purbawanto²
Jurusan Teknik Elektro, Universitas Negeri Semarang^{1,2}
anaazizah@students.unnes.ac.id¹, sugengpurbawanto@mail.unnes.ac.id²

Abstract – Hybrid Power Plant is an integration of two or more power plants based on renewable energy or not. Indonesia targets 23% of new renewable energy in the national energy mix in 2025, Merden Village is one of the areas located in Padureso District, Kebumen Regency., which has a renewable energy-based power plant, namely PLTMH with a capacity of 2x200 kVa connected to the grid (PLN). However, from August to December it did not run optimally due to a lack of water supply from the Wadaslintang Reservoir. Based on the database from NASA, the village of Merden is an area that has radiation of 4,60 kWh/m²/day, with a high enough intensity, this village has the potential to be paired with photovoltaics as additional energy. This research uses the help of HOMER software with the parameters entered, among others, energy source (solar radiation intensity and water discharge), equipment specifications, cost and daily load profile. The results of this study are the electrical energy production of the two generators is 1.301.169 kWh per year with a total NPC value of -\$941.597 and an LCOE of -\$0,056. The most optimal configuration is Microhydro 385 kW, PV 15kW, Battery 40 units, Bi-Directional Inverter 75 kW. This shows the additional of PV can be a reference because it can produce electrical energy for one full year.

Keywords : Hybrid, Microhydro, PV, Grid, HOMER

Intisari –Desa Merden merupakan wilayah di Kabupaten Kebumen yang memiliki pembangkit listrik berbasis energi terbarukan yaitu PLTMH dengan kapasitas 2x200 kVa. Namun saat bulan Agustus sampai Desember pembangkit ini tidak dapat memproduksi energi listrik dikarenakan pasokan air dari Waduk Wadaslintang tidak memenuhi. Penelitian ini dilakukan guna merencanakan pembangkit listrik tenaga hibrid yaitu integrasi dari PLTMH dan PLTS dengan bantuan software HOMER. Desa Merden ini memiliki intensitas radiasi matahari sebesar 4,60 kWh/m²/hari. Hasil penelitian ini adalah produksi energi dari kedua pembangkit yaitu 1.301.169 kWh per tahun , total NPC terendah sebesar -\$941.597, biaya pembangkitan listrik (COE) sebesar -\$0,056/kWh dengan produksi energi dari PV penuh selama satu tahun.

Kata kunci : hibrid, PV, mikrohidro

I. PENDAHULUAN

Perkembangan kebutuhan listrik di Indonesia seiring berjalannya waktu mengalami peningkatan. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Nomor Keputusan Menteri ESDM Nomor 143K/20/MEM/2019 tentang Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional Tahun 2019 sampai dengan tahun 2038. Melalui dokumen tersebut, ESDM memproyeksikan rata-rata pertumbuhan kebutuhan energi listrik nasional sebesar 6,9 persen per tahun. Bila mengacu pada data yang diperoleh, pertumbuhan konsumsi energi pada sektor rumah tangga masih menjadi yang paling tinggi dibanding sektor lainnya. Paling tidak ini ditunjukkan selama semester 1/2019, yakni sebesar 5,85%. Pertumbuhan konsumsi yang kedua, yakni sektor bisnis yaitu sebesar 5,75%. Kemudian, disusul sektor industri dengan pertumbuhan paling rendah, yaitu 1,28% [1]. “Pemerintah terus berupaya melaksanakan percepatan pengembangan energi baru terbarukan (EBT) agar dapat mencapai target 23% energi baru terbarukan (EBT) pada bauran energi nasional tahun 2025 sebagaimana amanat Rencana Umum Energi Nasional (RUEN)” [2].

Desa Merden adalah salah satu kawasan yang terletak di Kecamatan Padureso yang merupakan wilayah bagian Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah. Secara geografis, Desa Merden terletak antara 7°38'54" LS dan 109°47'49" BT. Desa Merden ini memiliki pembangkit listrik berbasis energi terbarukan yaitu Pembangkit Listrik

Tenaga Mikrohidro (PLTMH) terhubung *grid* dengan memanfaatkan air dari Waduk Wadaslintang yang terletak di perbatasan antara Kabupaten Wonosobo dan Kabupaten Kebumen. Energi yang dihasilkan ialah 2x200 Kva yang dapat langsung dinikmati oleh masyarakat [3]. PLTMH ini terinterkoneksi dengan jaringan distribusi Cilacap. Namun disaat musim kemarau PLTMH tidak berfungsi secara optimal bahkan jika puncak musim kemarau tidak dioperasikan sama sekali dikarenakan debit air dari Waduk Wadaslintang belum terpenuhi.

Salah satu sumber energi terbarukan yang perkembangannya cukup pesat di Indonesia yaitu energi surya. Sumber energi terbarukan menawarkan alternatif persediaan energi listrik di daerah-daerah terpencil dan ramah lingkungan. Berdasarkan database dari NASA desa Merden ini merupakan daerah yang memiliki radiasi sebesar 4,60 kWh/m²/hari serta memiliki potensi energi sebesar 3,75 kWh/kWp per hari, dengan intensitas yang cukup tinggi desa ini berpotensi untuk dipasangkan *photovoltaic* sebagai energi tambahan yang berbasis energi terbarukan.

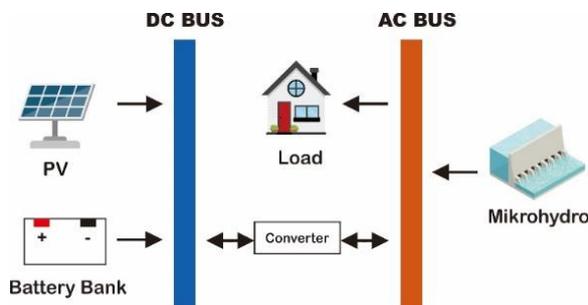
Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) merupakan integrasi dari beberapa sumber energi yang dapat diperbarui (*renewable energy*) dengan atau yang tidak dapat diperbarui (*unrenewable energy*) yang bertujuan untuk meningkatkan efektivitas dalam mensuplai kebutuhan energi listrik. Dalam menilai kinerja sebuah sistem pembangkit energi hibrid, ada dua faktor yang dapat dipertimbangkan, yaitu faktor keandalan dan faktor ekonomi. Salah satu perangkat yang dapat digunakan untuk

memodelkan tinjauan kinerja ini adalah HOMER (*Hybrid Optimization Model for Electric Renewables*) [4]. Perangkat lunak ini mengoptimasi desain sistem pembangkit hibrid berdasarkan nilai NPC (*Net Present Cost*) terendah dengan output estimasi ukuran atau kapasitas sistem, dan biaya [5].

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan model sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) berbasis energi terbarukan yang ramah lingkungan sebagai sumber energi alternatif untuk mengurangi penggunaan bahan bakar fosil.

II. PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRID

Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) merupakan perpaduan antara energi yang berbasis terbarukan maupun energi konvensional [6]. Tujuan dari PLTH menjadikan suatu pembangkit yang lebih efisien, efektif dan handal untuk mensuplai kebutuhan energi listrik. Gambar 1. menunjukkan blok diagram sistem PLTH.



Gambar 1. Blok diagram sistem PLTH

Konfigurasi dasar sistem pembangkit listrik tenaga hibrid dikelompokkan menjadi tiga yaitu a) *Series Hybrid System*, b) *Parallel Hybrid System*, dan c) *Switched Hybrid System* [7].

a) *Series Hybrid System*

Sistem Hibrid Serial ini mensuplai daya DC ke dalam baterai. Untuk menjamin operasi yang handal setiap komponen dilengkapi dengan *charge controller* sendiri, generator dan inverter pada sistem tersebut dibuat untuk dapat melayani beban puncak.

b) *Parallel Hybrid System*

Pada konfigurasi paralel, generator dan penyimpan atau *battery bank* mensuplai beban secara paralel. Sistem paralel hibrid ini menggunakan inverter *bi-directional* (BDI). BDI dapat berfungsi untuk mengkonversi sumber listrik DC menjadi AC dan sebaliknya (*rectifier*) serta dapat digunakan sebagai *charger*.

c) *Switched Hybrid System*

Pada sistem PLTH tersaklar ini, genset dan inverter dapat beroperasi sebagai sumber AC, genset dan sumber energi terbarukan dapat mengisi (*charging*) baterai. Pada sistem ini beban dapat langsung disuplai genset sehingga meningkatkan efisiensi total, kelebihan daya dari genset dapat digunakan untuk mengisi beban baterai.

Photovoltaic (PV) merupakan teknologi yang berasal dari energi surya (matahari), yang berfungsi untuk mengubah radiasi matahari menjadi listrik. Ketika sinar matahari mengenai sel-sel dalam PV, ia melepaskan dan

membebaskan elektron dalam material yang kemudian bergerak untuk menghasilkan arus listrik langsung (DC) [8].

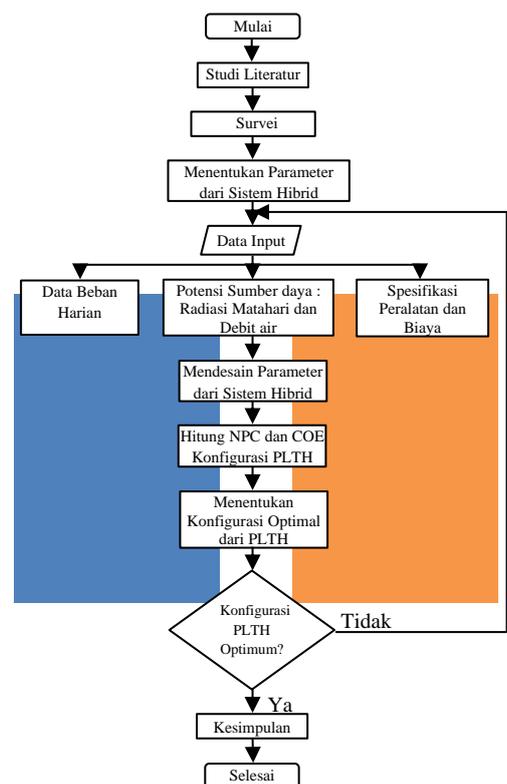
Pembangkit listrik yang memanfaatkan potensi energi air dengan skala mikro sering dikenal dengan nama Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). PLTMH merupakan salah satu teknologi pemanfaatan energi terbarukan. Ada tiga komponen penting dalam PLTMH untuk proses konversi dari energi potensial yang dimiliki air menjadi energi listrik, yaitu air itu sendiri, turbin, dan generator [9]. Air yang memiliki kapasitas debit tertentu akan dialirkan ke dalam pipa yang berukuran besar. Pada sistem pembangkit, air dapat menggerakkan turbin timbulah proses mekanik yang dapat memutar poros turbin. Poros turbin akan menghasilkan energi mekanik. Energi mekanik ini kemudian disalurkan ke generator dan akan diubah menjadi energi listrik.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian menggunakan metode deskriptif. Metode deskriptif merupakan suatu metode dalam meneliti status sekelompok manusia, suatu objek, suatu set kondisi, suatu sistem pemikiran ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang [10].

Terdapat beberapa poin penting dalam diagram alir penelitian seperti yang ditunjukkan Gambar 2. Pertama tentunya studi literatur, mencari literasi dari berbagai macam jurnal maupun buku, kedua survei lapangan yang bertempat di PLTMH Merden. Kemudian, menentukan parameter dari sistem hibrid dengan beberapa data input. Apabila semuanya sudah, langkah selanjutnya data tersebut disimulasikan dengan bantuan *software* HOMER.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

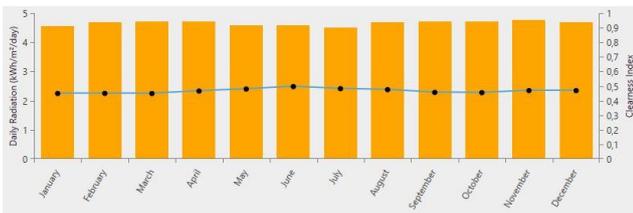
2.2 Data Potensi Sumber Daya

Terdapat beberapa potensi sumber daya yang dihasilkan oleh Desa Merden, diantaranya intensitas radiasi matahari dan debit air yang memadai. Kedua potensi yang dimiliki seharusnya dapat dimanfaatkan secara optimal.

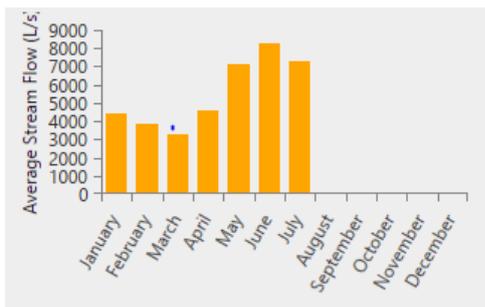
Berikut data sumber energi yang telah diperoleh :

1. Data intensitas radiasi matahari diperoleh dari database situs resmi NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) dengan rata-rata 4,6 kWh/m² per tahun.
2. Data debit air diperoleh dari Pusdataru Jawa Tengah dan PSDA Probolo wilayah Pejengkolan, Kebumen.

Tampilan rata-rata intensitas radiasi matahari dan rata-rata debit air Bendungan Pejengkolan ditunjukkan Gambar 3. dan Gambar 4. berikut.



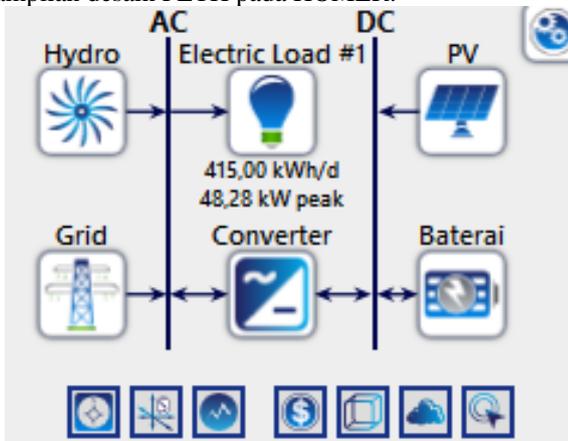
Gambar 3. Rata-rata intensitas radiasi matahari



Gambar 4. Rata-rata debit air Bendungan Pejengkolan

2.3 Perencanaan Sistem PLTH

Desain yang dibuat untuk simulasi pada software HOMER dengan komponen PLTMH 2x200 kVa serta PV 15 kW. Parameter yang nantinya diinput yaitu debit air, intensitas radiasi matahari, prakiraan beban harian, spesifikasi peralatan dan biaya. Gambar 5. merupakan tampilan desain PLTH pada HOMER.



Gambar 5. Tampilan desain PLTH pada HOMER

2.3.1 Prakiraan Beban

Perencanaan ini disimulasikan untuk memenuhi kebutuhan listrik 200 pelanggan di Desa Merden, Kebumen dengan konsumsi beban harian per rumah tangga sebesar 415 kWh. Tabel 1 menunjukkan estimasi beban sebagai parameter input.

Tabel 1. Prakiraan beban

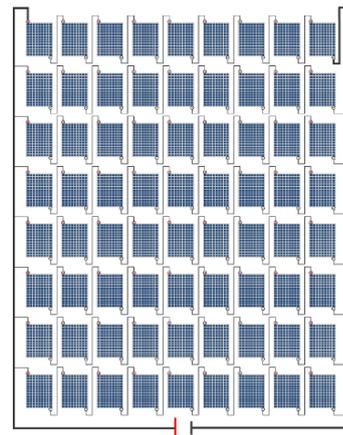
Metric	Baseline	Scaled
Average (kWh/d)	415	415
Average (kW)	17,29	17,29
Peak (kW)	48,28	48,28
Load Factor	,36	,36

2.3.2 Komponen Utama Sistem PLTH

Komponen utama sistem PLTH terdiri dari *Photovoltaic*, turbin mikrohidro, baterai, dan konverter.

➤ *Photovoltaic*

Desain sistem PV pada perangkat lunak HOMER masing-masing rating daya maksimal 200WP dengan kapasitas keseluruhan yaitu 15 kW dirangkai secara seri dan paralel dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Susunan PV

Masing-masing panel memiliki *datasheet* kelistrikan maupun data mekanik yang digunakan sesuai kebutuhan. Skenario desain PV dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Skenario desain PV

Tipe	Shinyoku 200W
Jenis	Polycrystalline
Kapasitas	200 Wp
Vmp	26,9V
Imp	7,43A
Voc	32.3V
Isc	8,33A
Seri	9
Paralel	8
Total	72 panel

- Mikrohidro
Pada penelitian kali ini desain turbin yang digunakan menggunakan jenis Turbo Propeller. Tabel 3. menunjukkan desain turbin yang digunakan.

Tabel 3. Skenario desain turbin

Tipe	Spesifikasi
Turbin	Turbo Propeller
Daya	2x200 kW
Diameter	1000 mm
Debit Air	7000 l/s
Head	7 m

- Baterai
Sistem pembangkit listrik dirancang menggunakan baterai sebagai penyimpan energi sekaligus sumber energi listrik. Baterai didesain untuk sistem 240V. Selengkapnya lihat Tabel 4. mengenai skenario desain baterai yang digunakan.

Tabel 4. Skenario desain baterai

Baterai	Trojan SSIG 12 95
Nominal Voltage	12V
Nominal Capacity	1,14 kWh
Maximum Capacity	95 Ah
Maximum Discharge Current	213 A
Seri	20
Paralel	2
Total	40 unit

- Konverter
Konverter yang digunakan menggunakan sistem *Bi-Directional Inverter*. Skenario spesifikasi *Bi-Directional Inverter* dalam perangkat lunak Homer ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 Skenario desain konverter

<i>Bi-Directional Inverter</i>	APOLLO MTP-617F
Kapasitas	75 kW
DC Input	240Vdc
AC Input	380/400/450 Vac
AC Output	380/400/450 Vac
Max battery current	425 A

2.2.3 Biaya Komponen Sistem

Parameter biaya yang diinput pada perangkat lunak HOMER untuk sistem PV, mikrohidro, baterai dan konverter terdiri dari biaya modal, biaya pengganti komponen, dan operasional dan manajemen (O&M) dengan rata-rata *Lifetime* 25 tahun. Selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Parameter biaya komponen sistem PLTH

Komponen	Modal	Biaya Pengganti	O&M
PV	\$924,48/kW	\$ 924,48/kW	\$14,22
Mikrohidro	\$32.001	\$32.001	\$70
Baterai	\$ 1280	\$ 1280	\$ 7,11
Konverter	\$ 16.001	\$ 16.001	\$ 36

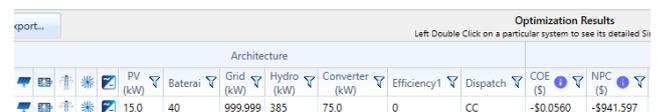
IV. HASIL PENELITIAN

Hasil simulasi dan optimasi dengan menggunakan HOMER menghasilkan beberapa konfigurasi yang berbeda. Tabel 7. menunjukkan variabel sensitivitas yang dimasukkan ke dalam HOMER.

Tabel 7. Variabel sensitivitas

No	MikroHidro (kW)	PLTS (kW)	Baterai (unit)	Konverter (kW)
1.	385	15	40	0
2.			80	75
3.			120	90
4.				100
5.				120

Hasil optimasi didapat setelah komponen yang dimasukkan telah selesai dijalankan oleh HOMER. Gambar 7. merupakan tampilan teratas hasil optimasi dari desain PLTH berdasarkan analisis HOMER.



Gambar 7. Tampilan hasil optimasi PLTH

Konfigurasi pembangkit listrik hibrid yang paling optimum berdasarkan nilai *Net Present Cost* (NPC) terendah terdiri dari PLTS 15 kW, PLTMH 385 kW, 40 unit baterai 95 Ah dan *Bi-Directional inverter* 75 kW dengan total NPC sebesar -\$941.597, biaya pembangkitan listrik (*Cost of energy*) sebesar -\$0,056/kWh dan penjualan *grid* sebesar 1.148.253 kWh . Tabel 8. menunjukkan konfigurasi sistem PLTH paling optimal.

Tabel 8. Konfigurasi sistem PLTH paling optimal

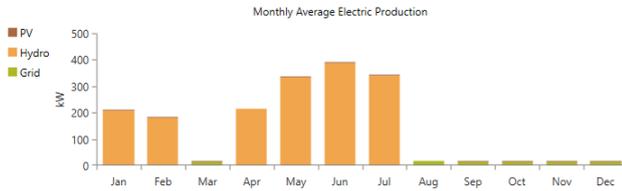
No	Parameter	Nilai
1.	Kapasitas PV	15 kW
2.	Kapasitas Mikrohidro	385 kW
3.	Baterai	40unit
4.	Kapasitas Konverter	75 kW
5.	Initial Capital	\$63.149
6.	<i>Operating Cost</i>	-\$77.721
7.	NPC	-\$941.597
8.	COE	-\$0,056
9.	<i>Grid Sales</i>	1.148.253kWh

Hasil simulasi pada HOMER produksi energi listrik didominasi oleh mikrohidro dengan total produksi 1.209.021 kWh per tahun sedangkan PV 28.807 kWh per tahun. Berikut Tabel 9. merupakan presentase produksi energi listrik selama setahun.

Tabel 9. Presentase produksi energi listrik

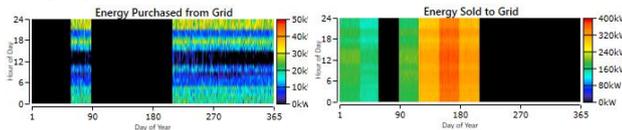
Production	kWh/yr	%	Consumption	kWh/yr	%
Shinyoku 200 WP	28.807	2,21	AC Primary Load	151.475	11,7
Hydro	1.209.021	92,9	DC Primary Load	0	0
Grid Purchases	63.341	4,87	Grid Sales	1.148.253	88,3
Total	1.301.169	100	Total	1.299.728	100

Gambar 8. menunjukkan rata-rata produksi energi listrik sesuai dengan parameter yang diinput dengan masing-masing komponen sesuai dengan grafik coklat adalah PV, kuning adalah mikrohidro, dan hijau adalah *grid*. Terlihat pada grafik bulan Agustus – Desember tidak ada produksi dari mikrohidro karena terjadi program pengeringan yang menyebabkan hidro tidak beroperasi sehingga produksi energi diperoleh dari PV.



Gambar 8. Grafik rata-rata produksi energi listrik

Grid Sales atau *grid* yang dijual oleh pihak PLTMH ke pihak penyedia listrik negara (PLN) pada simulasi perangkat lunak HOMER adalah 1.148.253 kWh per tahun, sedangkan energi yang dibeli sebesar 63.341 kWh per tahun. Gambar 9. menunjukkan DMap energi yang dijual dan dibeli.



Gambar 9. DMap energi yang dijual dan dibeli.

V. KESIMPULAN

Konfigurasi PLTH paling optimal diperoleh dari hasil *Net Present Cost* terendah, dimana NPC mencakup biaya keseluruhan sistem selama jangka waktu tertentu. Hasil simulasi HOMER mendapatkan konfigurasi sistem yang optimal berupa Mikrohidro 385 kW, PV 15 kW, Baterai 40 unit, *Bi- Directional Inverter 75kW* dengan total NPC yaitu -\$941.597 dan LCOE sebesar -\$0,056.

Berdasarkan simulasi HOMER yang diperoleh sistem PLTH akan terus memproduksi energi listrik selama satu tahun. Penambahan PV dapat menjadi solusi jika PLTMH tidak dapat beroperasi pada musim kemarau, sehingga pihak PLTMH Merden dapat terus menjual energi listrik kepada pihak penyedia listrik nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Humas EBTKE. (2020, Nov 16). *Dirjen EBTKE Paparkan Program Percepatan Pengembangan EBT di Komisi VII DPR RI* [Online]. Available: <https://ebtke.esdm.go.id>.
- [2] KESDM. 2019. *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2019-2038*.
- [3] Humas Pusdataru. 2016. *PLTMH Merden* [Online]. Available: busdataru-probolo.jatengprov.go.id
- [4] Manmadharo, S., S.N.V.S.K. Chaitanya, B. Venkateswara rao, dan G. Srinivasarao. 2019. Design and Optimization of Grid Integrated Solar Energy System Using HOMER Grid Software. *International Journal International of IEEE*. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8960118>.
- [5] Syahputra, R., dan I. Soesanti. 2020. Planning of Hybrid Micro-Hydro and Solar Photovoltaic Systems for Rural Areas of Central Java, Indonesia. *Hindawi Journal*. [Online]. Available : <https://www.hindawi.com/journals/jece/2020/5972342>.
- [6] Rauf, R., Budiman, dan H.Lalan. 2017. Studi Penyediaan Daya Listrik Hibrid (PLTMH, Photovoltaik) di Kabupaten Pesisir Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro*. [Online]. Available : fortei.org.
- [7] Dedisukma, W.Sunanda, dan R.V. Gusa. 2015. Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Diesel Generator dan Photovoltaic rray Menggunakan Perangkat Lunak HOMER (Studi Kasus di Pulau Semujur Kabupaten Bangka Tengah). *Jurnal Ecotipe*. [Online]. 2(2). Available: <https://www.researchgate.net/publication/320557360>.
- [8] Sari, D. 2016. Photovoltaic. [Online]. Available : eprints.polsri.ac.id.
- [9] Jawadz, U.R.H., H.Prasetjo, W.H.Purnomo. 2019. Studi Potensi pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) di Aliran Sungai Desa Kejawar Banyumas. *Dinamika Rekayasa*. [Online]. 15(1). Available: <http://dinarek.unsoed.ac.id>.
- [10] Nazir, M. (2017). *Metode Penelitian*. Jakarta Timur: Ghalia Indonesia