PUBLIKASI PENELITIAN TERAPAN DAN KEBIJAKAN 4 (2) (2021) : HLM. 51-57

PUBLIKASI PENELITIAN TERAPAN DAN KEBIJAKAN

e-ISSN: 2621-8119

PERANCANGAN KOMPONEN ELEKTRIS-MEKANIS PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO AIR TERJUN DESA MANDURIANG KABUPATEN OKU SELATAN

DESIGN OF ELECTRICAL-MECHANICAL COMPONENTS OF MICRO HYDRO POWER PLANT PLANTED WATER IN MANDURIANG VILLAGE SOUTH OKU DISTRICT

Zulkiffli Saleh, Devrie Kurniawan, Wiwin A Oktaviani*
Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang
* Korespondensi Penulis, phone: +628127132680, e-mail : win.oktaviani1973@gmail.com

Diterima : 17 Desember 2020

Direvisi : 31 Maret 2021

Diterbitkan : 30 Desember 2021

ABSTRACT

Manduriang Village has the potential for waterfall water, which has been used as a driving force for Micro Hydro Power Plants (MHP). Based on field observations, it was found that the conditions of the PLTMH Manduriang constituent components were built simply and did not match the MHP electrical technical criteria. From these problems, an evaluation of the MHP Manduriang and the technical design of the MHP that is suitable for potential and refers to the various criteria for MHP development was carried out. The research stages include : 1). Measuring the channel cross-section and flow rate, 2). Determination of MHP design discharge, 3). Selection of turbine type, generator type, and control panel, 4). Calculation of MHP energy output and installed capacity; and 5). Load management planning. Based on the evaluation results that with an ideal design discharge of 0.282 m3 / s and an effective head of 11 m, the compatible mechanical-electrical components are the Crossflow turbine and a 1-phase synchronous generator with a capacity of 21.25 kVA equipped with ELC and ballast load with a capacity of 25 kVA. PLTMH Manduriang Waterfall can supply 47 load points with an installed capacity of 450 VA / load point.

Keywords: *synchronous generator, mechanical-electricity, MHP, crossflow turbine*

ABSTRAK

Desa Manduriang memiliki potensi terjunan air yang telah digunakan sebagai penggerak Pembangkit Listrik Mikro Hidro. Berdasarkan pengamatan di lapangan diperoleh bahwa kondisi komponen penyusun PLTMH Manduriang dibangun secara sederhana dan tidak sesuai dengan kriteria teknis elektrikal PLTMH. Dari permasalahan tersebut, dilakukan evaluasi terhadap PLTMH Manduriang dan perancangan teknis PLTMH yang sesuai potensi dan mengacu pada berbagai kriteria pembangunan PLTMH. Adapun tahapan penelitian meliputi : 1). Pengukuran penampang saluran dan debit aliran, 2). Penentuan debit desain PLTMH, 3). Pemilihan jenis turbin,tipe generator dan panel control, 4). Perhitungan energi keluaran PLTMH dan kapasitas terpasang, 5). Perencanaan manajemen beban. Berdasarkan hasil evaluasi bahwa dengan debit desain ideal sebesar 0,282 m^3/dt dan *head efektif* 11 m, maka komponen mekanikal-kelistrikan yang kompatibel adalah turbin Crossflow dan generator sinkron 1 phasa dengan kapasitas 21,25 kVA yang dilengkapi dengan ELC dan *ballast load* dengan kapasitas 25 kVA. PLTMH Air Terjun Manduriang memiliki kemampuan menyuplai 47 titik beban dengan kapasitas terpasang 450 VA/titik beban.

Kata kunci: generator sinkron, mekanikal-kelistrikan, PLTMH, Turbin *crossflow*

PENDAHULUAN

Keterbatasan tenaga listrik merupakan salah satu permasalahan energi yang paling mendasar di Indonesia. Ketersediaan pembangkit listrik masih sangat kurang. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya daerah yang belum teraliri listrik. Di Provinsi Sumatera Selatan, ratio elektrifikasi (RE) hingga Juni 2019 mencapai 99% atau sebanyak 3.117 desa telah teraliri listrik (Wulandari 2019). Akan tetapi masih terdapat 122 desa terpencil yang belum mendapat aliran listrik karena tidak terjangkau oleh jaringan listrik (Wulandari 2019).

Daerah yang belum tersentuh jaringan listrik ini umumnya berada di daerah terpencil yang secara ekonomi kurang menguntungkan dan sulitnya membangun jaringan listrik karena topografi perbukitan. Solusi dari permasalahan tersebut adalah membangun pembangkit listrik yang dapat menjangkau tempat terpencil dengan memanfaatkan potensi SDA setempat.

Salah satu daerah di Sumatera Selatan yang belum terjangkau aliran listrik dari PLN adalah Desa Manduriang, Kecamatan Ranau Tengah, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan. Di lokasi ini terdapat air terjun Manduriang. Masyarakat setempat telah menggunakan air terjun ini untuk membangkitkan listrik dengan teknologi yang sangat sederhana. Sebagai turbin air masyarakat menggunakan *water wheel* yang langsung dihubungkan ke generator dan dihubungkan ke rumah-rumah melalui kabel-kabel dengan bentangan yang tidak beraturan. Kondisi ini banyak menimbulkan masalah ketidakstabilan tegangan dan aspek keamanan jaringan dan komponen elektrik yang tidak memadai.

Berdasarkan kondisi yang ada, solusi alternatif yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menata ulang sumber listrik yang ada dengan merancang suatu Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). PLTMH adalah instrument yang tepat untuk memanfaatkan daerah aliran sungai di daerah yang belum dialiri listrik seperti di desa Manduriang.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro adalah pembangkit listrik dengan skala kecil (kurang dari 100 kW) yang memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik. Secara teknis, mikrohidro mempunyai tiga komponen utama yaitu air sebagai sumber energi, turbin air dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dengan ketinggian tertentu melalui pipa pesat menuju rumah instalasi (*power house*). Di rumah instalasi, air tersebut akan menumbuk turbin air sehingga akan menghasilkan energi mekanik berupa berputarnya poros turbin air (Firmansyah, Utomo, dan Purnomo 2015).

PLTMH sangat tergantung dengan debit air yang mengalir di sungai. Debit air adalah jumlah air yang mengalir melalui suatu penampang sungai tertentu per satuan waktu. Guna mendapatkan kapasitas PLTMH, tidak terlepas dari perhitungan berapa banyak air yang dapat diandalkan untuk membangkitkan PLTMH. Debit desain atau debit andalan suatu PLTMH yang ideal adalah 1.2 atau dengan presentase 120% dari debit minimum suatu sungai (Firmansyah, Utomo, dan Purnomo 2015). Tinggi jatuh tergantung kepada geografi lokasi. Ketinggian jatuh air menentukan besar kecilnya energi potensial yang dihasilkan. Air Terjun Manduriang memiliki ketinggian ± 11 m.

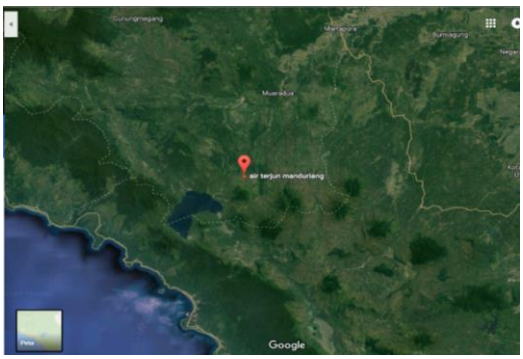
Pada dasarnya pembangkit mikrohidro digolongkan dalam dua kategori yang menentukan jenis turbin yang akan dipakai yaitu tinggi jatuh rendah (sampai 20 meter) dan tinggi (lebih dari 20 meter) (Firmansyah, Utomo, dan Purnomo 2015).

Untuk melaksanakan pembangunan PLTMH diperlukan suatu perencanaan yang matang yang diawali dengan survei potensi air yang mampu dibangkitkan pada PLTMH, hingga perencanaan bagian-bagian mekanikal dan kelistrikan PLTMH, seperti turbin, generator dan *panel control* dan memenuhi unsur-unsur keamanan jaringan listrik. Perencanaan PLTMH diawali dengan studi

potensi untuk mengumpulkan data dan informasi tentang kemungkinan suatu daerah aliran sungai untuk dimanfaatkan menjadi PLTMH. Dari hasil studi potensi dapat diperoleh suatu kesimpulan yang digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan keberlanjutan studi perencanaan PLTMH Karenanya, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi pemanfaatan Air Terjun Desa Manduriang sebagai PLTMH.

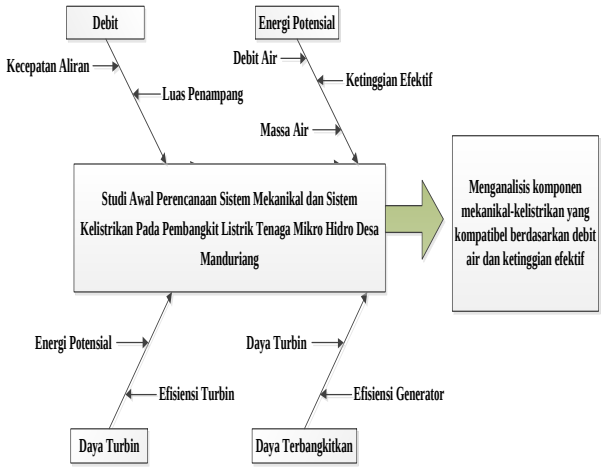
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Desa Manduriang, Kecamatan Ranau Tengah, Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan, Sumatera Selatan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Keterhubungan komponen mekanikal-kelistrikan terhadap perencanaan PLTMH dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti: (1) debit, (2) energi potensial, (3) daya turbin, (4) daya terbangkitkan. Tahapan penelitian tergambar pada Diaram *Fishbone,* Gambar 2.



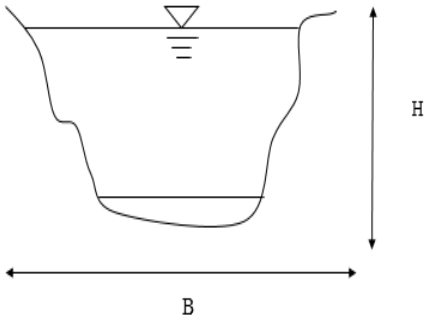
Gambar 2. Diagram *Fishbone* Penelitian

Parameter debit memiliki dua kajian parameter yaitu kecepatan aliran dan luas penampang. Debit air, massa air dan ketinggian efektif berpengaruh pada besarnya energi potensial. Keluaran energi mekanik pada turbin selain dipengaruhi energi potensial juga dipengaruhi efisiensi turbin. Besarnya daya listrik terbangkitkan dipengaruhi daya turbin dan efisiensi generator.

Data penelitian didapatkan melalui pengukuran langsung di lokasi yang meliputi :

Data Saluran

Pengambilan data aliran di saluran penampang dilakukan pada daerah aliran air terjun Manduriang pada 4 (empat) titik dengan paparan pengukuran berada pada 3 (tiga) titik kedalaman yan berbeda. Nilai rata – rata dari 12 titik yang dipilih menjadi dasar perhitungan di titik pengukuran penampang saluran. Gambar 3 menunjukkan kontur penampang saluran yang menjadi lokasi pengukuran.



Gambar 3. Penampang Saluran dengan B lebar penampang (m) dan R kedalaman penampang (m)

Data Aliran dan Debit di Saluran Penampang

Pengukuran kecepatan aliran di saluran penampang dilakukan pada daerah aliran air terjun Manduriang yang memiliki kondisi aliran cukup baik menggunakan *flowwatch*. Pengukuran dilaksanakan pada 9 (sembilan) titik di sepanjang penampang pada musim kemarau. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah debit air minimum masih mampu untuk memutar turbin. Debit minimum atau debit andalan adalah debit minimum air sungai yang probabilitas ketersediaanya sepanjang tahun sebesar 80% terpenuhi (Sunarwan 2013). Debit air minimum juga sebagai acuan untuk

menentukan debit desain. Debit desain yang ideal merupakan debit dengan presentase 120% dari debit minimum (Firmansyah, Utomo, dan Purnomo 2015) Nilai rerata titik pengukuran sampel yang dipilih dijadikan dasar perhitungan untuk titik pengukuran penampang saluran. Pengukuran kecepatan aliran pada tiap titik dilakukan di 3 posisi yakni : dasar saluran, ambang saluran, dan di permukaan saluran.

Perencanaan Penstock

Hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan *penstock* untuk PLTMH adalah diameter dimana semakin kecil diameter maka kecepatan air dalam *penstock* akan semakin naik untuk debit yang sama, rugi–rugi pada *penstock* disebabkan debit air dan tinggi jatuh yang relatif kecil dan ketersediaan material di daerah lokal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jika satu wilayah memiliki beberapa lokasi yang potensial untuk PLTMH, maka untuk memilih lokasi terbaik di tentukan dengan kriteria sebagai berikut (Suparyawan, Kumara, dan Ariastina 2013) :

a. Panjang jaringan distribusi jika menggunakan tegangan rendah jarak pembangkit ke beban, radius maksimal 2 km.
b. Terdapat calon konsumen di sekitar pembangkit.
c. Potensi daya listrik tidak melebihi 100 kW.
d. Ketersediaan aliran air sungai sepanjang tahun.
e. Akses menuju lokasi PLTMH terjangkau
f. Lokasi pembangkit tidak berada dikawasan cagar alam, tidak merusak lingkungan dan budaya serta mengikuti ketentuan yang berlaku.

Air terjun Manduriang berjarak 1,5 km dari pemukiman warga dimana 0,5 km dari jarak tersebut hanya dapat ditempuh dengan berjalan kaki (Agustina 2020), (Lubis 2020). Dengan demikian radius bentangan jaringan tegangan rendah dari generator ke pusat beban berkisar $\pm$ 1,5 km.

Dari hasil pengukuran saluran diketahui bahwa penampang saluran aliran air terjun Manduriang memiliki kountur kedalaman antara 0,13 m hingga 0,15 m. Sedangkan nilai rerata debit air minimum adalah 0,236 m^3/det. Hasil pengukuran untuk saluran dan debit air tertera pada Tabel 1 dan Tabel 2 berturut-turut.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Penampang Saluran

Titik Ukur Penampang ke-	Lebar Penampang (m)	Kedalaman penampang(m)			Nilai Rerata (m)
		D1 (m)	D2 (m)	D3 (m)	
1	2,9	0,16	0,16	0,15	0,156
2	2,97	0,13	0,15	0,13	0,136
3	3,05	0,15	0,15	0,14	0,146
4	2,95	0,15	0,17	0,15	0,156

Tabel 2. Data debit air pada musim kemarau

No	Kecepatan aliran (m/dt)	Luas Penampang (m^2)	Debit Air (m^3/dt)
1	0,522	0,435	0,22707
2	0,533	0,445	0,237185
3	0,555	0,457	0,253635
4	0,511	0,442	0,225862
Rerata	0,53	0,445	0,236

Dengan nilai rerata debit sebesar 0,236 m^3/det maka didapat debit desain PLTMH air terjun Manduriang sebesar 0,283 m^3/dt atau setara dengan 120% dari debit minimum. Hal ini sesuai dengan uraian sebelumnya.

Air terjun Desa Manduriang memiliki ketinggian jatuh 11 m. Ketinggian ini merupakan beda elevasi antara letak bendungan hingga rumah turbin. Pada desain bendungan tinggi jatuh ditambah 1.5 meter, namun terjadi penurunan pada kontur saluran pembawa sebesar 7.5 cm, pada saluran pembuang pada rumah turbin sbesar 80 cm dan tinggi jagaan banjir 20 cm. Sehingga tinggi bruto pada desain PLTMH ini adalah sebesar 11,425 m.

Hasil perhitungan selanjutnya dijadikan acuan untuk melakukan perhitungan dalam merencanakan *penstock*, pemilihan jenis turbin dan tipe generator beserta panel kontrol untuk PLTMH.

Perhitungan diameter *penstock* yang kompatible berdasarkan luas penampang rata-rata 0,445 m^2 adalah :

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (1)$$
$$= \sqrt{\frac{4 .0{,}445}{\pi}} = 0{,}27 \text{ m}$$

Nilai diameter ini akan berpengaruh pada kecepatan air pada pipa pesat yang dihitung sebagai berikut :

$$A = {}^{1}/_{4}\ \pi\ x\ D^2 \quad (2)$$
$$A = {}^{1}/_{4}\ x\ 3.14\ x\ (0.27)^2$$
$$A = 0.057 \text{ m}^2$$

Dengan demikian kecepatan air dalam *penstock* sebesar :

$$V = \frac{Q}{A} \quad (3)$$
$$V = \frac{0.283}{0.057}$$
$$V = 4{,}94 \text{ m/dt}$$

Dari nilai rata-rata debit air dan ketinggian jatuh, jenis turbin yang cocok untuk PLTMH Manduriang adalah jenis *crossflow* dikarenakan turbin *crossflow* memiliki karakteristik mampu beroperasi pada tinggi jatuh efektif di bawah 30 m dan pada debit air antara 0,02 m^3/det hingga 10 m^3/det (Saleh, Apriani, Ardianto dan Purwanto 2019). Kecepatan putar spesifik turbin bervariasi antara 40-200 rpm.

Efisiensi turbin *crossflow* berkisar antara 0,7-0,8 (Rompas 2011). Dengan asumsi effisiensi turbin sebesar 0,7 maka daya keluaran pada turbin *crossflow* sebesar 21,3 kW.

Dengan mempertimbangkan luas penampang saluran, diameter dan luas penampang *penstock* maka diameter turbin ditentukan sebesar 0,5 m, sehingga putaran turbin *crossflow* dengan H_{nett} 11 m sebesar :

$$N = 41\ \frac{\sqrt{Hnett}}{D} \quad (4)$$
$$= 41.\ \frac{\sqrt{11}}{0{,}5}$$
$$= 271 \text{ rpm}$$

Selanjutnya besarnya kecepatan spesifik (Ns) turbin dengan daya 21,25 kW dihitung sebagai berikut :

$$N_s = N\ \frac{\sqrt{P}}{H\ 5/4} \quad (5)$$
$$= 67 \text{ rpm}$$

Dengan debit air (Q) sebesar 0.283 m^3/dt dan tinggi jatuh air (head) 11 m, maka daya terbangkitkan dari generator dengan effisiensi senilai 0,8 dengan persamaan (6) :

$$P = \rho\ .\ Q\ .\ g\ .\ H\ .\ \eta_t\ .\ \eta_g \quad (6)$$
$$= 17 \text{ kW}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Air Terjun Desa Manduriang memiliki ketersediaan debit air yang cukup sepanjang tahun dan daya yang mampu dibangkitkan mencapai 17 kW. Hal ini sesuai dengan kriteria pemilihan lokasi PLTMH poin (c) dan (d) yang telah dijabarkan sebelumnya.Sedangkan besarnya energi keluaran PLTMH per bulan sebesar:

= daya terpasang x efisiensi x 720
= 17 kW x 0,8 x 720
= 9,792 kWh

Dari perhitungan yang didapat, tipe generator yang cocok untuk PLTMH Desa Manduriang ini adalah generator sinkron 1 phasa 220 Volt dengan putaran 1500 rpm. Pertimbangannya karena jenis generator ini banyak tersedia di pasaran dan nilai rpm yang relatif rendah akan meringankan pemilihan transmisi kecepatan yang diperlukan (Sunarwan 2013). Hal ini perlu dipertimbangkan mengingat potensi debit air setempat yang berkisar 0,2 m^3/det. Besarnya kapasitas generator dihitung dengan membandingkan daya terbangkitkan dengan faktor daya, asumsi faktor daya sebesar 0,8 maka kapasitas generator atau daya terpasang sebesar 21,25 kVA.

Karena jumlah beban listrik yang terhubung dengan PLTMH akan berfluktuasi sepanjang waktu maka dibutuhkan *Electronic Load Controller* (ELC) sebagai pengontrol beban generator sinkron. ELC bersama-sama dengan *Ballast load* atau beban semu berfungsi sebagai pelindung generator. Prinsip kerja perlindungan ELC terhadap generator adalah dengan mengatur daya *dummy load* ketika daya yang mengalir ke beban berubah-ubah dan menjaga tegangan agar tetap konstan. Dengan demikian ELC juga menjaga daya keluaran dari PLTMH (Firdaus, Suraatmadja, dan Adam 2016), (Setyo W, Rif'an, dan Utomo 2014). Besarnya *Ballast load* adalah 120% dari kapasitas generator (Suparyawan, Kumara, and Ariastina 2013), sehingga untuk

PLTMH Manduriang besarnya *ballast load* sebesar 25 kVA.

PLTMH Manduriang ditargetkan dapat mensupplai energi listrik untuk 47 konsumen, terdiri dari 1 mushola dan 46 rumah. Dari hasil perhitungan sebelumnya, perkiraan daya yang didapatkan setiap rumah :

$$P_{konsumen} = \frac{daya\ terbangkitkan}{jumlah\ konsumen}$$

$$= \frac{17{,}041}{47} = 360 \text{ watt/konsumen}$$

Atau setara dengan 450 VA/konsumen dengan faktor daya 0,8. Daya sebesar ini cukup untuk beban dasar rumah tangga pedesaaan seperti penerangan dan televisi tabung 21 inch. Penerangan jalan desa diasumsikan sebanyak 46 titik dengan asumsi menggunakan lampu LED 25 Watt.

Dari hasil perhitungan kapasitas terpasang generator, diketahui bahwa besarnya energi keluaran PLTMH adalah per bulan sebesar:

= daya terpasang x efisiensi x 720
= 17 kW x 0,8 x 720
= **9.792 kWh**

Untuk memastikan penyaluran energi listrik yang dihasilkan secara merata dan proporsional kepada penduduk Desa Manduriang, diperlukan suatu perencanaan manajemen beban (Ramdhani, n.d.). Adapun rencana pembagian / manajemen beban di sisi konsumen adalah :

- 46 rumah dengan daya terpasang 450 VA
- 1 Musholla daya terpasang 450 VA
- Fasilitas lampu penerangan jalan desa.

Rincian perhitungan manajemen beban per jenis beban sebagai berikut :

a. 46 rumah dengan daya terpasang 450 VA Diasumsikan masing-masing menggunakan :
   - 3 buah lampu LED (3x10 watt) selama 12 jam sehari = 360 Wh
   - 1 buah televisi 21 inch (1x110 watt) selama 8 jam sehari = 880 Wh

   Energi listrik total 46 pelanggan :
   = (360+880) x 46 = 57040 Wh/hari
   = **57,04 kWh/hari**

b. 1 Musholla dengan daya terpasang 450 VA Diasumsikan masing-masing menggunakan :
   - 4 buah lampu LED (4x10 watt) selama 12 jam sehari = 480 Wh
   - 1 buah pompa air (1x280 watt) selama 6 jam sehari = 1680 Wh
   - 1 set pengeras suara (1x100 watt) selama 4 jam sehari = 400 Wh

   Sehingga energi total :
   = 480+1680+400 = 2560 Wh/hari
   = **2,56 kWh/hari**

c. Fasilitas lampu penerangan jalan desa Diasumsikan menggunakan :
   - 46 buah lampu LED (46 x 25 watt) selama 12 jam sehari
   = 13800 Wh/hari
   = 13,8 kWh/hari

Maka total energi terpakai berdasarkan pembagian beban tersebut adalah :
= 57,04 + 2,56 + 13,8
= 73,4 kWh/hari
= **2.202 kWh/bulan**

Sedangkan total daya terpasang pada pelanggan sebesar = 450 x 47 = 21.150 VA = **21,15 kVA**.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa masih terdapat kelebihan energi sebesar **7.590 kWh/bulan** atau **77,5 %** dari total kapasitas energi yang dapat dihasilkan**.** Akan tetapi perlu diperhatikan bahwa kapasitas terpasang yang tersisa hanya sebesar **0,35 kVA** atau **1,65%** dari total kapasitas terpasang. Hasil-hasil ini menunjukkan bahwa air terjun Manduriang memiliki potensi yang baik untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik setempat.

KESIMPULAN

Air terjun Desa Manduriang memiliki debit air minimum rata – rata 0.236 m^3/s, dengan *head* efektif sebesar 11 m. Kondisi ini memungkinkan untuk dibangun PLTMH dengan menggunakan turbin jenis *crossflow*, yang secara spesifikasi mampu beroperasi pada debit air relatif rendah. Generator sinkron yang digunakan berkapasitas 21,25 kVA dan dilengkapi dengan ELC dan *ballast load* dengan kapasitas 25 kVA guna mencegah kerusakan generator akibat kehilangan atau

penurunan beban yang tiba-tiba, sehingga kestabilan tegangan dapat dijaga.

Dengan potensi SDA yang ada dan ditunjang dengan perencanaan komponen elektris-mekanis yang mengikuti standar, daya yang mampu dibangkitkan sebesar 17 kW dan mampu mensupplai kebutuhan listrik untuk 46 rumah dan 1 mushola desa dengan daya terpasang masing-masing 450 VA.

SARAN

Sistem kelistrikan dari skala kecil hingga besar membutuhkan jaminan keamanan yang baik dari sumber pembangkitan hingga ke pemakai. Diperlukan studi lanjutan untuk merencanakan sistem proteksi kelistrikan PLTMH Desa Manduriang.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, Fitria "Jeane." 2020. "Air Terjun Manduriang Perlu Ditata Maksimal." Pelita Sumsel. November 12, 2020. https://pelitasumsel.com/2020/11/12/air-terjun-manduriang-perlu-ditata-maksimal/.

Firdaus, Muhammad, Mas Sarwoko Suraatmadja, and KharismaBani Adam. 2016. "Design And Implementation Of Electronic Load Controller -- -------- -- ---- -- --With Using Proportional Integrated Controller ""' 3 (3): 11.

Firmansyah, Rizal, Teguh Utomo, and Hery Purnomo. 2015. "Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Gunung Sawur Unit 3 Lumajang." *Jurnal Mahasiswa TEUB* 2 (7). http://elektro.studentjournal.ub.ac.id/index.php/teub/article/view/354.

Lubis, Herry. 2020. "Destinasi Wisata Air Terjun Manduriang di OKU Selatan Butuh Perhatian Pemerintah." Dimensi | News. November 15, 2020. https://www.dimensinews.co.id/107302/destinasi-wisata-air-terjun-manduriang-di-oku-selatan-butuh-perhatian-pemerintah.html.

Ramdhani, Aji Saka Dwi. n.d. "Studi Perencanaan PLTMH 1x12 kW sebagai Desa Mandiri Energi di Desa Karangsewu, Cisewu, Garut, Jawa Barat." Institute Teknologi Sepuluh November. http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-16580-2208100632-paperpdf.pdf.

Rompas, Parabelem T D. 2011. "Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Pada Daerah Aliran Sungai Ongkak Mongondow Di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow." *Jurnal Penelitian Saintek* 16: 12.

Saleh, Zulkiffli, Yosi Apriani, Feby Ardianto, and Ricky Purwanto. 2019. "Analisis Karakteristik Turbin Crossflow Kapasitas 5 kW." *Jurnal Surya Energy* 3 (2): 255–61. https://doi.org/10.32502/jse.v3i2.1484

Setyo W, Erdyan, Mochammad Rif'an, and Teguh Utomo. 2014. "Perancangan Electronic Load Controller (Elc) Sebagai Penstabil Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)" 2 (5): 6.

Sunarwan, Bambang. 2013. "Optimasi Pemanfaatan Sumber Daya Air (Sda) Untuk Menjadi Sumber Energi Baru Dan Terbarukan (EBT) Studi Kasus : PLTMH Mangelum, Kabupaten Boven Digoel Provinsi Papua." *Jurnal Teknik | Majalah Ilmiah Fakultas Teknik UNPAK* 2 (22). https://journal.unpak.ac.id/index.php/jurnalteknik/article/view/854.

Suparyawan, D. P. D., I. N. S. Kumara, and Wayan G. Ariastina. 2013. "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Mikrohidro Di Desa Sambangan Kabupaten Buleleng Bali." *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro* 12 (2). https://ojs.unud.ac.id/index.php/JTE/article/view/15546.

Wulandari, Dinda. 2019. "Rasio Elektrifikasi Sumsel Diklaim Capai 99% | Sumatra Bisnis.com." Bisnis.com. July 30, 2019. https://sumatra.bisnis.com/read/20190730/533/1130595/rasio-elektrifikasi-sumsel-diklaim-capai-99.