

TEKNOEKONOMI ALAT PEMURNI AIR MENGGUNAKAN ENERGI LISTRIK TERBUANG DI PLTMH GUNUNG SAWUR 1 LUMAJANG

*Techno-economy of Water Purifier Using Wasted Electric Energy in PLTMH Gunung Sawur
1 Lumajang*

Dedy Eko Rahmanto^{1)*}, Valency Femintasari¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Energi Terbarukan, Politeknik Negeri Jember
Jalan Mastrip Kotak Pos 164 Jember

*Korespondensi Penulis: dedy_eko@polije.ac.id

ABSTRACT

Water purification is carried out to separate water from minerals in it. One process of water purification is distillation. Water destilator require heat that can be obtained from electricity. The Gunung Sawur 1 Microhydro produces electricity for the surrounding society. But, not all electricity produced by microhydro was used. Excess of electricity from microhydro discharged into dummy load for balancing. The potency of wasted electrical energy can be used for water distillation. The purpose of this research were to make a plan about water purification using wasted electrical energy from microhydro Gunung Sawur 1 and investigate its economic feasibility. This research begun with a survey of potency of wasted electrical energy in microhydro Gunung Sawur 1. The potency of waste electrical energy as the basic to calculate the production capacity of water distillation column. Feasibility study was carried out by using NPV and B/C ratio. The result showed that the potency of wasted electrical energy in microhydro of Gunung Sawur 1 up to 66 kwh/day. The capacity of maximum power of planned distillation column was equal to the maximum power of microhydro dummy load. The production capacity of pure water was about 66 liters a day. The production of water purifier was feasible to do based on NPV value of IDR 30,121,094 and the B/C ratio value of 1.51.

Keywords: *distillation, microhydro, wasted energy*

PENDAHULUAN

Pemurnian air merupakan proses pemisahan air murni dari komponen-komponen yang terlarut pada air tersebut seperti garam dan mineral. Pemurnian air menghasilkan air murni tanpa zat lain didalamnya (Malone dan Dolter, 2010). Air murni diperlukan untuk berbagai keperluan seperti pada industri, kegiatan laboratorium, keperluan medis, otomotif dan sebagainya. Harga air murni lebih mahal daripada harga air biasa (Rahmanto dan Febriani, 2017).

Salah satu proses pemurnian air yang banyak dilakukan adalah melalui proses destilasi termal. Proses ini memerlukan suatu unit destilasi yang terdiri dari evaporator dan kondensor. Air diuapkan di evaporator dengan bantuan energi panas, kemudian akan dikondensasikan

dikondensor. Energi panas yang diperlukan pada proses pemurnian air dapat berasal dari energi listrik ataupun energi panas hasil pembakaran bahan bakar (Ibarz dan Canovas, 2003; Kucera, 2014; Smith 2011).

Pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) menghasilkan energi listrik untuk keperluan masyarakat maupun industri. PLTMH biasanya menggunakan pengendali beban elektronik (ELC) yang dilengkapi beban balast yang berupa elemen pemanas listrik untuk menstabilkan tegangan dan frekuensi listrik yang dihasilkan. Tegangan dan frekuensi listrik yang tidak stabil akan menyebabkan peralatan listrik konsumen PLTMH menjadi cepat rusak. ELC secara otomatis akan menyalurkan kelebihan daya listrik yang dihasilkan generator ke

beban balast untuk menyeimbangkan beban apabila beban konsumen mengalami penurunan. ELC akan otomatis mengurangi suplai listrik ke beban balast apabila beban konsumen PLTMH meningkat, sehingga beban generator akan selalu stabil (Aung, 2015; IMIDAP, 2010; Kathirvel *et al.*, 2015; Rahayuningtyas *et al.*, 2012). Energi listrik yang disuplai ke beban balast selama ini terbuang begitu saja menjadi energi panas tanpa pemanfaatan (Rahmanto dan Femintasari, 2018). Berdasarkan potensi energi tersebut maka dapat direncanakan unit pemurni air destilasi dengan memanfaatkan sumber energi listrik terbuang di PLTMH Gunung Sawur 1 Lumajang. Hasil survei potensi energi listrik beban balast mikrohidro di PLTMH Gunung Sawur 1 diperlukan untuk perencanaan pemurnian air menggunakan destilator. Analisis ekonomi juga diperlukan untuk mengetahui kelayakan perencanaan tersebut.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah power logger Fluke 1735, kamera, alat tulis dan komputer.

Tahapan Penelitian

Survei Potensi Energi Listrik Beban Balast

Survei potensi energi listrik beban balast mikrohidro dilakukan di PLTMH Gunung Sawur 1 Lumajang. Potensi energi listrik beban balast diukur dengan menggunakan power logger Fluke. Clamp dan probe power logger terpasang selama 24 jam di beban balast mikrohidro (**Gambar 1**) untuk setiap kali sampling. Power logger hidup untuk merekam data kelistrikan. Pengunduhan data dilakukan setelah 3 hari perekaman data.



Gambar 1. *Clamp dan probe power logger yang terpasang di Mikrohidro Gunung Sawur 1 Lumajang*

Perhitungan Potensi Energi Beban Balast

Data hasil pengamatan potensi energi listrik beban balast PLTMH digunakan untuk menghitung potensi hariannya. Potensi energi tersebut digunakan untuk menghitung jumlah air yang dapat diuapkan. Perhitungan tersebut memperhatikan jumlah energi untuk menaikkan suhu air dan energi untuk menguapkan air. Asumsi yang digunakan adalah air hanya akan menguap setelah mencapai titik didihnya.

Metode Analisis

Analisis kelayakan ekonomi perencanaan unit destilasi air tersebut dilakukan menggunakan NPV dan B/C ratio (Ardalan, 2000; Humpreys, 1991).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Potensi Energi Listrik Terbuang di PLTMH Gunung Sawur 1 Lumajang

Daya listrik beban balast PLTMH Gunung Sawur 1 pada siang hari rata-rata adalah 3,69 kw. Daya listrik beban balast pada malam hari adalah sekitar 2,50 kw. Hasil pengamatan energi listrik yang terbuang melalui beban balast di PLTMH Gunung Sawur 1 disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Potensi energi beban balast di PLTMH Gunung Sawur 1 Lumajang

Hari	Daya (kw) rata-rata	Energi (kwh)
1	2,87	68,95
2	3,24	66,44
3	3,18	64,49
4	3,05	59,10
5	3,22	70,70
6	3,19	69,66
7	2,91	63,33
Rata-rata	3,10	66,10

Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata setiap hari ada sekitar 66,10 kwh energi yang terbuang melalui beban balast di PLTMH Gunung Sawur 1. Energi tersebut apabila dinilai dengan harga listrik PLN non-subsidi saat ini Rp 1.467,28/kwh adalah sebesar Rp 96.987,21 per hari atau lebih dari Rp 30 juta per tahun. Nilai energi tersebut apabila digunakan untuk memanaskan dan menguapkan air secara perhitungan akan mampu menguapkan sekitar 92 liter air.

Komponen Destilator Pemurnian Air

Destilator pemurni air terdiri dari beberapa komponen seperti yang terdapat pada **Tabel 2**. Komponen evaporator, kondensor dan elemen pemanas terbuat dari bahan *stainless steel*. Evaporator berfungsi untuk menguapkan air, sedangkan kondensor berfungsi untuk mengembunkan air yang telah diuapkan tersebut.

Tabel 2. Komponen utama destilator pemurni air menggunakan energi listrik terbuang PLTMH Gunung Sawur 1 Lumajang

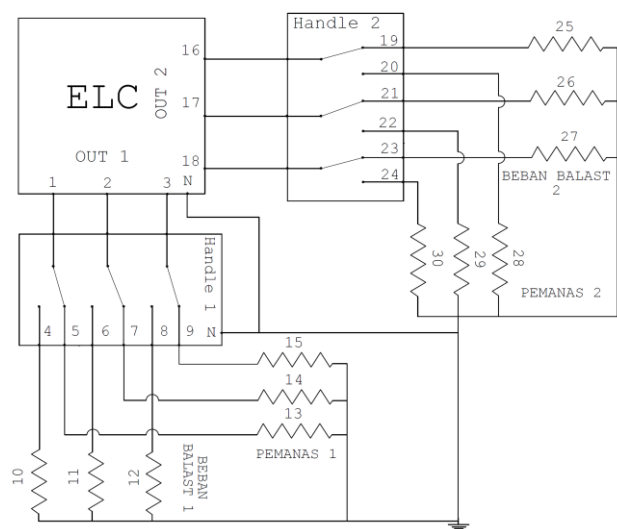
No.	Komponen	Kebutuhan
1.	Evaporator	2 buah
2.	Kondensor	2 buah
3.	Elemen Pemanas	2 pasang
4.	Handle	2 buah
5.	Selang Air	1 rol
6.	Jerigen	20 buah
7.	Filter air	1 unit

8. Dudukan 1 buah

Sumber Energi PanasDestilator

Energi panas destilator pemurni air direncanakan berasal dari energi listrik beban balast PLTMH Gunung Sawur 1. Pengambilan energi listrik untuk evaporator pada sistem destilasi yang dirancang dilakukan dengan cara memindahkan koneksi listrik yang seharusnya menuju beban balast dialihkan ke elemen pemanas destilator. Pengalihan koneksi listrik tersebut dilakukan dengan menggunakan dua buah *handle* 3 fasa. Diagram kabel pengalihan koneksi listrik tersebut ditunjukkan pada **Gambar 2**.

Berdasarkan **Gambar 2** koneksi listrik yang seharusnya menuju ke fasa 1 beban balast ke 1 dialihkan ke fasa 1 elemen pemanas ke 1 pada alat destilator. Koneksi listrik yang seharusnya menuju ke fasa 2 beban balast ke 1 dialihkan ke fasa 2 elemen pemanas ke 1 destilator. Koneksi listrik yang seharusnya menuju ke fasa 3 beban balast ke 1 dialihkan ke fasa 1 elemen pemanas ke 1 destilator. Hal itu juga berlaku untuk beban balast ke dua dan elemen pemanas destilator ke 2. Pengalihan energi listrik beban balast dapat dilakukan semuanya ataupun sebagian saja dengan menggunakan *handle* yang ada.



Gambar 2. Diagram pengkabelan pemanfaatan energi listrik beban balast

Elemen Pemanas Destilator

Elemen pemanas destilator yang dirancang menggunakan dua buah rangkaian elemen pemanas listrik tiga fasa. Elemen pemanas tiga fasa dapat diperoleh dengan menggabungkan tiga buah elemen pemanas satu fasa menggunakan hubungan bintang ataupun hubungan delta. Hubungan kelistrikan yang digunakan pada elemen pemanas destilator disamakan dengan hubungan kelistrikan pada beban balast.

Nilai kapasitas daya elemen pemanas yang akan dipilih disamakan dengan yang digunakan pada beban balast. Penyamaan kapasitas elemen pemanas tersebut agar sistem kelistrikan PLTMH tetap terjaga keamanannya.

Komponen Biaya Destilator Pemurni Air

Komponen biaya unit destilator air menggunakan energi listrik terbuang PLTMH Gunung Sawur 1 meliputi biaya investasi, biaya operator dan biaya perawatan. Biaya investasi peralatan destilator ditampilkan pada **Tabel 3**.

Destilator diasumsikan bekerja 6 hari dalam sepekan karena PLTMH Gunung Sawur 1 mengalami *off* untuk perawatan setiap hari Ahad jam 9:00 sampai 15:00 WIB. Biaya operator sekitar Rp 25.000,- per hari sehingga dalam setahun mencapai Rp 7.800.000,-. Perawatan destilator dilakukan rata-rata setiap pekan dengan biaya sekitar Rp 50.000,-, sehingga dalam setahun mencapai Rp 2.600.000,-.

Tabel 3. Biaya investasi komponen utama destilator

No.	Komponen	Biaya (Rp)
1.	2 Evaporator	4.000.000,-
2.	2 Kondensor	8.600.000,-
3.	6 Elemen Pemanas	2.400.000,-
4.	2 Handle	500.000,-
5.	Selang Air	300.000,-
6.	Jerigen	800.000,-
7.	Unit filter air	2.500.000,-
8.	Dudukan	1.000.000,-
9.	Instalasi	1.500.000,-
Jumlah		21.600.000,-

Kapasitas Produksi Destilator Pemurni Air

Kapasitas produksi destilator pemurni air yang direncanakan dihitung berdasarkan potensi energi listrik terbuang di PLTMH Gunung Sawur 1. Destilator yang ada di pasaran misalnya GFL2012 mampu menghasilkan 4/3 liter air setiap kwh listrik yang digunakan. Kebutuhan air pendingin untuk kondensornya sekitar 58,38 g/detik atau setara dengan 210 kg/jam (Rahmanto dan Febriani, 2017). Berdasarkan potensi energi listrik terbuang di PLTMH Gunung Sawur 1 maka secara perhitungan destilator akan mampu menghasilkan sekitar 88 liter air murni per hari. Akan tetapi karena energi listrik beban balast berfluktuasi maka diasumsikan setiap kwh listrik hanya mampu menghasilkan 1 liter air, sehingga kapasitas produksi destilator direncanakan akan menghasilkan sekitar 66,1 liter air per hari.

Berdasarkan kapasitas produksi air murni tersebut maka setiap hari akan menghasilkan pemasukan sebesar Rp 79.320,- atau Rp 24.747.840,- per tahun dengan asumsi harga jual air murni sebesar Rp 1.200,- per liter. Hasil analisis biaya beserta analisis NPV dan B/C ratio dengan asumsi suku bunga 12% dan umur ekonomi destilator 5 tahun ditunjukkan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Analisis investasi destilator air

No.	Biaya	Jumlah
1.	Pendapatan	Rp 61.520.251,-
2.	Biaya	Rp 27.394.438,-
3.	NPV	Rp 30.121.094,-
4.	B/C Ratio	1,51

NPV produksi air murni dengan memanfaatkan sumber energi listrik terbuang di PLTMH Gunung Sawur 1 Lumajang bernilai positif sehingga rencana kegiatan tersebut tergolong layak apabila dilaksanakan (**Tabel 4**). Nilai B/C ratio adalah 1,51 yang berarti lebih dari 1 yang mengindikasikan kegiatan tersebut layak untuk dijalankan.

KESIMPULAN

Rencana kapasitas produksi air murni dari pemanfaatan energi listrik terbuang PLTMH Gunung Sawur 1 adalah 66,1 liter per hari. Kegiatan tersebut layak bila akan dilaksanakan dengan nilai NPV sebesar Rp 30.121.094,- dan B/C ratio sebesar 1,51

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Kemristekdikti yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini melalui program Penelitian Dosen Pemula sumber dana DRPM Tahun Anggaran 2018. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak Sucipto selaku perintis dan pengelola PLTMH Gunung Sawur 1, Lumajang.

DAFTAR PUSTAKA

Ardalan, A. 2000. *Economic & Financial Analysis for Engineering and Project Management*. Technomic Publishing Company, Pennsylvania.

Aung, N.W., Aung, Ze Ya. 2015. Design of electronic load controller by using combination methods for micro-hydro power plant and its control and monitoring program simulation. *International Journal of Electrical, Electronics and Data Communication*, 3 (6).

Balke, E.C., William, L., Healy, and Tania Ullah. 2016. An assessment of efficient water heating option for an all-electric single family residence in a mixed-humid climate. *Energy and Building*, 133: 371-380.

Humphreys, K.K. 1991. *Jelen's Cost and Optimization Engineering*. MCGraw-Hill, New York

Ibarz, A., and Canovas, G.V.B. 2003. *Unit Operation in Food Engineering*. CRC Press, Boca Raton

IMIDAP. 2010. *Modul Pelatihan Studi Kelayakan Mikrohidro*. Dirjen Listrik dan Pemanfaatan Energi Departemen ESDM, Jakarta.

Kathirvel, C., Porkumaran, K., and Jaganathan, S. 2015. Design and implementation of improved electronic load controller for self-excites induction generator for rural electrification. *The Scientific World Journal*, Volume 2015.

Kucera J. 2014. *Desalination Water from Water*. Scrivener Publishing, Beverly.

Malone, L.J., and Dolter, T. 2010. *Basic Concept of Chemistry*. John Wiley & Sons, New Jersey.

Rahayuningtyas, A., Santoso, T., dan Furqon, M. 2012. Sistem pengatur beban pada mikrohidro sebagai energi listrik pedesaan. *Prosiding SnaPP*, 3 (1).

Rahmanto, D.E., and V. Femintasari. 2018. An investigation of dummy load energy in Gunung Sawur 1 microhydro powerplant - Lumajang East Java. *IOP Conference Series: Earth and Environment Science*, 207.

- Rahmanto D.E, dan Febriani, S.D.A. 2017. Pendingin refrigerasi untuk air pendingin kondensor sebagai upaya penghematan penggunaan air. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian 2017. Politeknik Negeri Jember.*
- Smith P.G. 2011. *Introduction to Food Process Engineering.* Springer, New York.
- Sujatno. 2011. Analisis sistem kendali beban elektronik sebagai stabilisasi energi listrik berbasis mikrokontroler. *Seminar Nasional VIII SDM Teknologi Nuklir,* Yogyakarta.