

Simulasi dan Analisis Sistem Pembangkit Hibrida Mikrohidro/Diesel

Kho Hie Khwee

Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura
e-mail: khohiekhwee@yahoo.com

Abstract– Kawasan pedesaan di Kalimantan barat memiliki potensi debit air yang cukup layak untuk dimanfaatkan bagi pembangkitan energi listrik. Namun pada umumnya masyarakat di daerah tersebut masih sangat tergantung kepada pembangkit generator diesel. Mahalnya harga energi listrik per kWh yang dihasilkan oleh generator diesel disebabkan oleh tingginya biaya bahan bakar minyak bumi. Salah satu pemecahan masalah adalah dengan memanfaatkan turbin mikrohidro untuk membantu generator diesel dengan membentuk sistem hibrida mikrohidro/diesel. Sistem hibrida selain mengurangi pemakaian bahan bakar oleh generator diesel juga menurunkan harga energi listrik per kWh serta mengurangi pencemaran udara akibat emisi CO₂ yang dihasilkan oleh generator diesel.

Keywords– Generator diesel, hibrida, HOMER, mikrohidro

1. Pendahuluan

Di Indonesia, terutama Kalimantan Barat, banyak kawasan pedesaan yang jauh dari jangkauan jaringan listrik. Kawasan ini pada umumnya menggunakan generator diesel untuk mendapatkan energi listrik.

Dengan meningkatnya harga minyak bumi dan lokasi yang sangat jauh, menyebabkan biaya bahan bakar untuk generator diesel sangat mahal. Sehingga harga per kWh energi listrik yang dibangkitkan belum dapat bersaing dengan pembangkit berbahan bakar minyak bumi [1, 2].

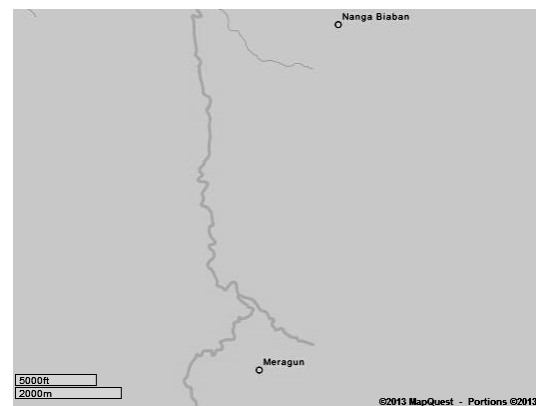
Kawasan pedesaan terpencil di Kalimantan Barat banyak tersedia sumber energi baru terbarukan (EBT) berupa potensi tenaga air yang cukup untuk menjadi pembangkit listrik tenaga mikrohidro, walaupun dengan kapasitas kecil.

Beberapa penelitian [3-7] melaporkan bahwa pemanfaatan sumber EBT lokal sangat layak untuk kawasan yang jauh dari jaringan listrik. Potensi energi mikrohidro, meskipun kecil akan dapat memberikan manfaat yang bernilai untuk pembangkitan tenaga listrik [8].

Untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat di kawasan terpencil, penggabungan sumber energi mikrohidro dengan generator diesel dapat mengurangi atau mengeliminasi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak bumi.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan simulasi dan perhitungan pembangkit listrik hibrida mikrohidro/diesel pada kawasan Meragun, kabupaten

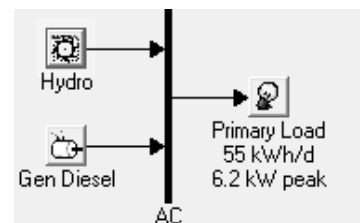
Sekadau, Kalimantan Barat (lihat gambar 1). Hasil-kajian berupa harga energi per kWh dan pengurangan emisi CO₂ dari sistem ini apabila dibandingkan dengan pembangkit dengan generator diesel. Perangkat lunak NREL-HOMER [9] digunakan sebagai alat bantu untuk membuat model sistem pembangkit listrik hibrida mikrohidro/diesel.



Gambar 1. Peta Meragun, Kalimantan Barat

2. Model Sistem Hibrida Mikrohidro/Diesel

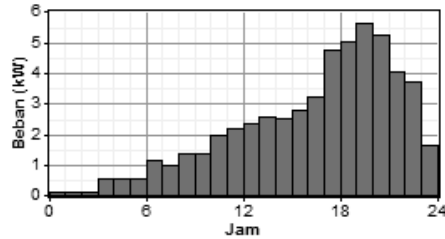
Sistem pembangkit hibrida mikrohidro/diesel terdiri dari turbin mikrohidro dan generator diesel, seperti pada gambar 2. Kedua sumber listrik dihubungkan pada bus AC untuk mencatu beban AC.



Gambar 2. Model Sistem Hibrida Mikrohidro/Diesel

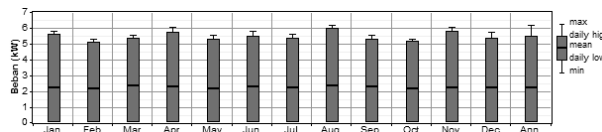
2.1. Data Beban

Data beban harian untuk lokasi menggunakan data seperti pada gambar 3, di mana beban puncak terjadi pada waktu antara jam 18.00-20.00.



Gambar 3. Data Beban Harian

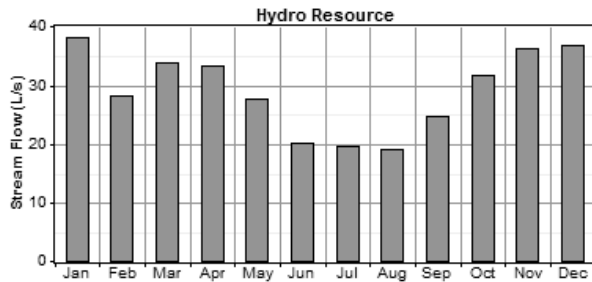
Beban puncak dalam satu tahun adalah sebesar 6,2 kW dan kebutuhan energi listrik rata-rata sebesar 55 kWh/hari. Data beban rata-rata bulanan ditunjukkan dalam gambar 4.



Gambar 4. Data Beban Rata-Rata Bulanan

2.2. Data Debit Air

Debit air rata-rata per bulan di lokasi adalah seperti ditunjukkan pada gambar 5.



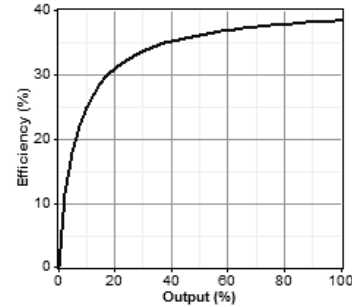
Gambar 5. Data Debit Air Rata-Rata Per Bulan

Debit air tertinggi terjadi pada bulan-bulan musim hujan (November, Desember dan Januari). Sedangkan pada musim kemarau (Juni, Juli dan Agustus) debit air di lokasi menjadi lebih rendah. Debit air rata-rata dalam satu tahun adalah sebesar 29,1 L/detik.

2.3. Generator Diesel

Generator diesel yang digunakan memiliki karakteristik kurva efisiensi seperti pada gambar 6. Kurva efisiensi menunjukkan bahwa generator diesel dapat beroperasi dengan efisiensi yang tinggi apabila dibebani di atas 40%.

Pada pembebanan di bawah 40% efisiensi generator diesel berkurang berdasarkan karakteristik kurva tersebut.



Gambar 6. Kurva Efisiensi Generator Diesel

3. Perhitungan Daya Listrik

3.1. Daya Output Mikrohidro

Daya output turbin mikrohidro dihitung berdasarkan persamaan:

$$P_{mh} = \eta_{mh} \cdot \rho_{air} \cdot g h \frac{Q}{1000} \quad (1)$$

P_{mh} = daya output turbin mikrohidro (kW)

η_{mh} = efisiensi turbin mikrohidro (%)

ρ_{air} = rapat jenis air (1000 kg/m³)

g = percepatan gravitasi bumi (9.81 m/s²)

h = ketinggian efektif (m)

Q = debit aliran air yang masuk ke turbin (m³/s)

3.2. Daya Output Generator Diesel

Daya output generator diesel dihitung berdasarkan persamaan:

$$P_{gen} = F \cdot F_0 \cdot \frac{Y_{gen}}{F_1} \quad (2)$$

P_{gen} = daya output generator diesel (kW)

F = tingkat konsumsi bahan bakar (L/jam)

F_0 = koefisien intercept (L/jam/kW_{rated})

F_1 = koefisien slope (L/jam/kW)

Y_{gen} = Kapasitas generator diesel (kW)

Pada saat generator diesel tidak beroperasi, maka nilai tingkat konsumsi bahan bakar adalah $F = 0$. Dalam penelitian ini, nilai-nilai parameter $F_0 = 0,01609$ dan $F_1 = 0,2486$.

4. Biaya Komponen Sistem

Biaya komponen sistem hibrida mikrohidro/diesel ditunjukkan pada tabel 1. Setiap komponen (turbin mikrohidro dan generator diesel) terdiri dari biaya modal, biaya pengganti dan biaya operasional dan pemeliharaan (O&M).

Biaya pengganti turbin mikrohidro dianggap tidak ada karena usia turbin mikrohidro pada umumnya mencapai 30 tahun, sedangkan usia proyek diasumsikan 25 tahun. Untuk biaya O&M generator diesel dianggap sudah dihitung dalam biaya pemakaian bahan bakar selama beroperasi.

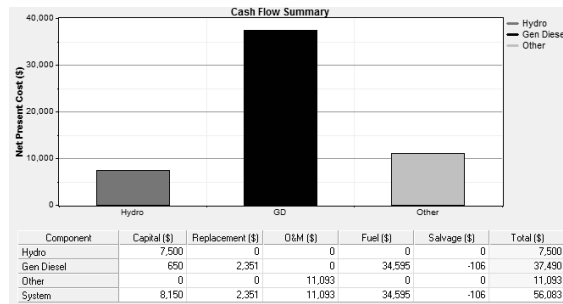
Tabel 1. Biaya Komponen Sistem

Biaya	Turbin Mikrohidro	Generator Diesel
Modal	USD 750	USD 100/kW
Pengganti	0	USD 75/kW
O&M	0	0

5. Hasil dan Bahasan

Turbin mikrohidro dianggap memiliki usia pakai selama 30 tahun, sedangkan generator diesel memiliki batas usia beroperasi selama 15.000 jam. Harga bahan bakar solar dianggap sebesar USD 0,90/L.

Dengan asumsi tingkat suku bunga riil di Indonesia 3% dan usia proyek beroperasi selama 25 tahun, maka total biaya (NPC) proyek pembangkit hibrida mikrohidro/diesel adalah sebesar USD 56.083, dengan rincian biaya komponen seperti pada gambar 7.

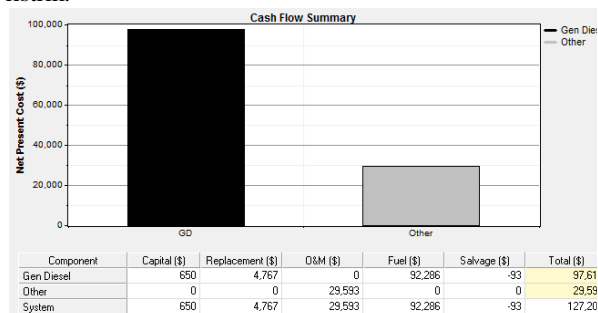


Gambar 7. Biaya Komponen Sistem Hibrida Mikrohidro/Diesel

Biaya total generator diesel merupakan biaya terbesar pada sistem hibrida mikrohidro/diesel. Namun apabila generator diesel tidak dibantu oleh turbin mikrohidro maka biaya total pembangkitan energi listrik menjadi lebih besar lagi, yaitu USD 127.203 seperti pada gambar 8.

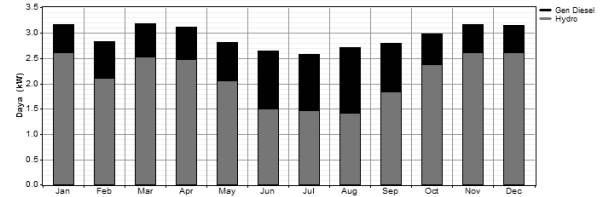
Dari hasil simulasi, harga energi listrik per kWh untuk system hibrida mikrohidro/diesel adalah USD 0,161/kWh. Harga ini lebih rendah daripada harga energi yang dihasilkan oleh generator diesel tanpa bantuan turbin mikrohidro, yaitu sebesar USD 0,365/kWh.

Tingginya harga energi listrik yang dihasilkan oleh generator diesel disebabkan oleh mahalnya biaya bahan bakar yang digunakan untuk pembangkitan energi listrik.



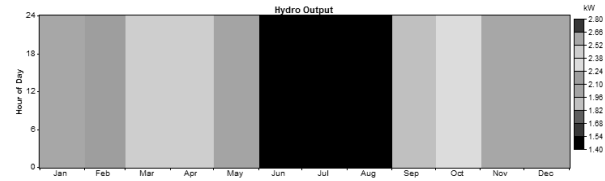
Gambar 8. Biaya Komponen Sistem Generator Diesel

Dengan potensi debit air yang tersedia di lokasi, maka pemanfaatan turbin mikrohidro dapat mengurangi pengoperasian generator diesel. Pada gambar 9 ditunjukkan pembagian pembangkitan energi listrik oleh turbin mikrohidro dan generator diesel dalam sistem hibrida mikrohidro/diesel untuk memenuhi kebutuhan listrik.



Gambar 9. Daya Listrik Sistem Hibrida Mikrohidro/Diesel

Pada sistem hibrida mikrohidro/diesel (lihat gambar 9), turbin mikrohidro menyumbangkan energi listrik sebesar 73% dari total listrik yang dibangkitkan, sedangkan sisanya sebesar 27% dari generator diesel. Daya listrik yang dihasilkan oleh turbin mikrohidro ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Daya Listrik Turbin Mikrohidro

Total kemampuan produksi listrik oleh turbin mikrohidro adalah sebesar 18.653 kWh/tahun. Karena beban kebutuhan listrik yang harus dipenuhi adalah sebesar 20.000 kWh/tahun, maka kekurangan energi listrik tersebut dipenuhi oleh generator diesel.

Selain mengurangi penggunaan bahan bakar minyak bumi, sistem hibrida mikrohidro/diesel juga mengurangi emisi CO₂ dari 15.507 kg/tahun menjadi 5.813 kg/tahun. Perbandingan besar polutan yang dihasilkan oleh system mikrohidro/diesel dan diesel seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Emisi Berbagai Polutan

Polutan	Emisi (kg/tahun)	
	Mikrohidro/Diesel	Diesel
Carbon dioxide	5,813	15,507
Carbon monoxide	14,30	38,30
Unburned hydrocarbons	1,59	4,24
Particulate matter	1,08	2,89
Sulfur dioxide	11,70	31,10
Nitrogen oxides	128,00	342,00

6. Kesimpulan

Pemanfaatan potensi energi air di daerah terpencil, dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak bumi dalam pembangkitan energi listrik. Pembangkit listrik mikrohidro merupakan salah satu pemanfaatan potensi air yang tersedia dan dapat digunakan untuk membantu generator diesel. Selain mengurangi penggunaan bahan bakar minyak bumi, turbin mikrohidro juga menurunkan biaya total pembangkitan listrik serta pencemaran udara akibat emisi CO₂. Oleh karena itu penggabungan turbin mikrohidro dengan generator diesel untuk membentuk sistem hibrida mikrohidro/diesel sangat disarankan di daerah-daerah terpencil yang memiliki potensi debit air yang cukup layak.

Referensi

- [1]. N.W.A. Lidula, N. Mithulanathan, W. Ongsakul, C. Widjaya, R. Henson, "ASEAN towards clean and sustainable energy: Potentials, Utilization and Barriers", *Renewable Energy*, vol. 32, no.9, hal. 1441-1452, 2007.
- [2]. Y. Kussuryani, Walujanto, "Action plan for R&D activities at research and development center for electricity and new renewable energy for answering strategic issues and achieving key performance year 2010-2014", *M&E*, vol. 8, no. 1, hal. 65-68, 2010
- [3]. A.B. Kanase-Patil, R.P. Saini, M.P. Sharma, "Integrated renewable energy systems for off-grid rural electrification of remote area", *Renewable Energy*, vol 35, hal. 1342-1349, 2010.
- [4]. Rajoriya, E. Fernandez, "Sustainable energy generation using hybrid energy system for remote hilly rural area in India", *International Journal of Sustainable Engineering*, hal. 1-9, 2010.
- [5]. A. Gupta, R.P. Saini, M.P. Sharma, "Steady-state modeling of hybrid energy system for off grid electrification of cluster of villages", *Renewable Energy*, vol. 35, hal. 520-535, 2010.
- [6]. A. A. Setiawan, Y. Zhao, dan C. V. Nayar, "Design, economic analysis and environmental considerations of mini-grid hybrid power system with reverse osmosis desalination plant for remote areas", *Renewable Energy*, vol. 34, hal. 374-383, 2009.
- [7]. A.K. Akella, M.P. Sharma, R.P. Saini, "Optimum utilization of renewable energy sources in a remote area", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 11, hal. 894-908, 2007.
- [8]. J. Kenfack, F. P. Neirac, T. T. Tatietsé, D. Mayer, M. Fogue, A. Lejeune, "Micro hydro-PV-hybrid system: Sizing a small hydro-PV hybrid system for rural electrification in developing countries", *Renewable Energy*, vol. 34, hal. 2259-2263, 2009.
- [9]. NREL, *Getting Started Guide for HOMER version 2.1*: National Renewable Energy Laboratory, 2005.

