

Optimasi Pemanfaatan Energi Alternatif Berbasis Hybrid di Desa Sembalun Bumbung, Kabupaten Lombok Timur

Agung Budi Muljono¹, Hendra Sasmita¹, Adi Purna¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Universitas Mataram

ARTICLE INFO

Article history:

Received October 26, 2023

Revised October 30, 2023

Accepted October 30, 2023

Keywords:

Optimization;
Hybrid Power Plant;
NPC;
COE;
Homer.

ABSTRACT

This paper presents an analysis of optimal power supply system type options for remote areas using HOMER software. The type of system that will be used is PV/Battery/converter/Biomass/Hydro. Selected system types are ranked based on total net present cost (NPC). Then the smallest total NPC is the best option. From the selected system type, the system configuration will be known, namely the number and capacity of each component. From the simulation results of the Hydro-PV-Biogas configuration using HOMER on a Hybrid power plant equipped with batteries, it was found that the system development planning was appropriate with a total annual energy of 1,035,240 kWh/year. With an NPC cost breakdown of \$127,018; selling price of energy (COE) of \$ 0.010/kWh and operational costs of \$ 8,841/year, this provides a technical and economic outlook that is feasible for developing its implementation.

Corresponding Author:

Hendra Sasmita, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

Email: hendransasmitz94@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Energi mempunyai peranan penting dalam pencapaian tujuan sosial, ekonomi, dan lingkungan untuk pembangunan berkelanjutan, serta merupakan pendukung bagi kegiatan ekonomi nasional.

Di wilayah Nusa Tenggara Barat, khususnya di pulau Lombok sebagian besar kebutuhan energi listrik untuk masyarakat dipenuhi dengan pembangkit listrik berbahan bakar fosil seperti PLTD, PLTU, PLTMG dan PLTMGU. Berdasarkan Perpres No. 112 tahun 2022 tentang Percepatan Pengembangan Energi Terbarukan untuk Penyediaan Tenaga Listrik dan Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2023 tentang Konservasi Energi, pasokan energi listrik dari pembangkit listrik di NTB khususnya pulau Lombok sudah memanfaatkan potensi alam yang tersedia pada daerah seperti pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH), pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), maupun pembangkit listrik tenaga biomas dengan dana swadaya masyarakat atau ada investor yang mengembangkannya. Pada 2025, dari seluruh keperluan listrik di NTB, ada target 23% dari energi terbarukan. Sampai akhir 2019, sekitar 11% kebutuhan listrik dari energi terbarukan.

Salah satu pulau di Indonesia yang memiliki potensi PLTMH, PLTS dan Biogas yaitu pulau Lombok, tepatnya ketiga pembangkit Alternatif tersebut dapat dimanfaatkan di Kecamatan Sembalun Desa Sembalun Bumbung, yang didukung dengan adanya sungai Mayung Puteq yang deras. Selain itu juga penduduk daerah ini banyak yang bermata pencaharian sebagai peternak, dan secara otomatis desa Sembalun Bumbung memiliki banyak hewan ternak sehingga kotorannya dapat dimanfaatkan sebagai energi biomas, oleh karena itu energi alternatif tersebut dapat dimanfaatkan untuk membantu pensuplaian energi listrik di daerah tersebut yang mana diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat di daerah tersebut, dan mendukung perkembangan potensi-potensi yang ada di daerah tersebut. Ketiga energi alternatif tersebut daerah ini juga dapat dioperasikan on-grid dengan sistem kelistrikan yang sudah ada.

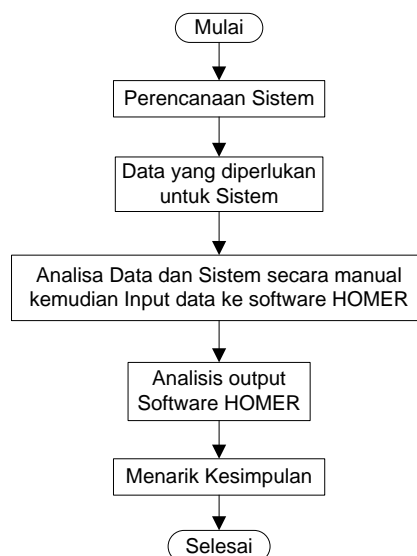
Pembangkit listrik tenaga *hybrid* dari beberapa sumber energi terbarukan yaitu PV dan biogas, telah disimulaikan menggunakan software Homer di lokasi Ponges Baiturrahman Ciparay, Kabupaten Bandung merupakan lokasi laboratorium lapangan Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronika (Telimek) LIPI [1]. Penerapan energi alternatif sebagai sumber energi listrik memiliki kendala tertentu seperti keandalan dan ketersediaan sumber energi yang sulit diprediksi dan kontinuitas intensitas yang konstan. Biomassa dianggap sebagai kombinasi terbaik kedua dengan sumber energi terbarukan lainnya yaitu PV dan Angin dioperasikan

secara sistem hybrid yang paling cocok konfigurasi on-grid, off-grid, dan stand-alone, sehingga berguna untuk sistem kelistrikan pedesaan hingga perkotaan [2]. Pemanfaatan limbah kotoran sapi dari pencemaran lingkungan dengan mengoptimalkan rancangan instalasi pembangkit listrik menggunakan biogas generator untuk mensuplai energi listrik di Desa Waru Barat, Pamekasan. Simulasi perencanaan terlebih dahulu dilakukan dengan menggunakan Software HOMER memberikan hasil biaya energi per 1 kWh adalah sebesar Rp. 1.076/kWh, dan biaya energi ini lebih murah dari biaya energi listrik PLN sebesar Rp. 1.500/kWh [3]. Analisis aspek teknis dan keekonomian pembangkit listrik tenaga Solar PV-Biogas system *hybrid parallel* dengan sistem jaringan off grid di PT.TBS., mendapatkan hasil nilai *Payback Period* 13,8 tahun, dan *Internal Rate of Return* sebesar 9,41%, layak dikembangkan untuk kajian lebih detail [4].

2. METODE PENELITIAN

Desa Sembalun Bumbung Kec. Sembalun memiliki sungai Mayung Puteq ini bisa menjadi potensi energi air dikarenakan memiliki hari hujan rata-rata tiap bulan sebanyak 13 kali dan curah hujan 216 mm. Selain itu juga daerah ini masyarakatnya pada umumnya bekerja sebagai peternak, sehingga limbah kotorannya pun dapat kita manfaatkan sebagai sumber energi biogas. Desa ini juga memiliki potensi PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) karena letaknya yang berada di 8°39'LS dan 116°54'BT termasuk daerah tropis.

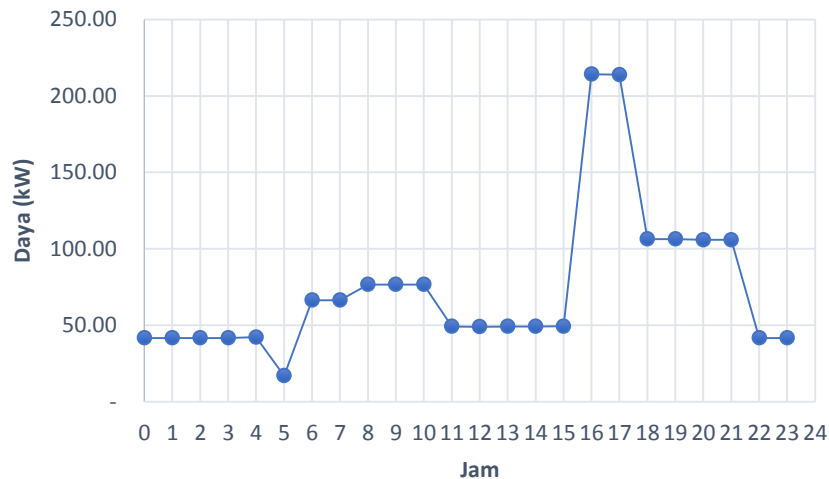
Simulasi optimasi penelitian ini menggunakan software Homer, untuk melakukan simulasi, dibutuhkan data kurva beban harian profil beban listrik desa Sembalun dan data potensi energi setempat yang berupa data sekunder dari profil desa Sembalun [5]. Alur penelitian dapat digambarkan dalam flowchart seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Bagan alur penelitian

A. Data Karakteristik Beban Harian

Analisis ini membutuhkan data, yaitu : pemakaian energi rumah tangga 1.837,5825 kWh/hari, fasilitas umum 4.275 kWh/hari, industri 987.36 kWh/hari. Karakteristik beban harian dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Kurva beban harian desa Sembalun Bumbung

B. Produksi Kotoran Ternak

Potensi sisa hasil ternak di desa Sembalun Bumbung sebagai sumber biogas dapat dihitung besar daya yang dihasilkan dari masing-masing limbah kotoran hewan sapi, kambing/domba dan kuda, seperti pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Potensi pembangkit biogas

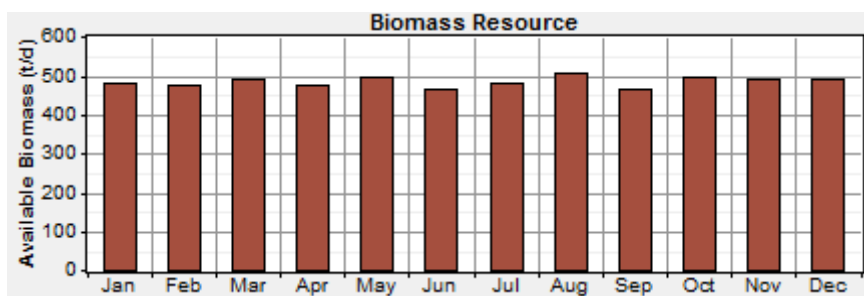
Jenis Hewan	Jumlah	Produk Kotoran		Produksi Gas Bio (liter/hari)	Produksi Gas Bio (m ³ /hari)	Energi yang Dihasilkan (kWh)	Total Daya yang Dibangkitkan (kW)
		(kg/ekor/hari)	Jumlah (kg)				
Sapi	2614	10	26140	3921000	3921	23526	254.865
Kuda	4	2	8	600	0.6	3.6	0.039
Kambing /Domba	675	1	675	54337.5	54.3375	326.025	3.5319375
Total							258.4359375

Tabel 2. Data produk limbah kotoran hewan sebagai sumber biogas dalam kurun waktu 1 tahun

Bulan	Available Biogas (tonnes/day)			Total
	Sapi	Kuda	Kambing/Domba	
Januari	470520	144	12150	482.814
Februari	462416.6	141.52	11940.75	474.49887
Maret	478362	146.4	12352.5	490.8609
April	462678	141.6	11947.5	474.7671
Mei	486204	148.8	12555	498.9078
Juni	454836	139.2	11745	466.7202
Juli	466599	142.8	12048.75	478.79055
Agustus	494046	151.2	12757.5	506.9547
September	454836	139.2	11745	466.7202
Oktober	486204	148.8	12555	498.9078
November	478362	146.4	12352.5	490.8609

Desember	478100.6	146.32	12345.75	490.59267
----------	----------	--------	----------	-----------

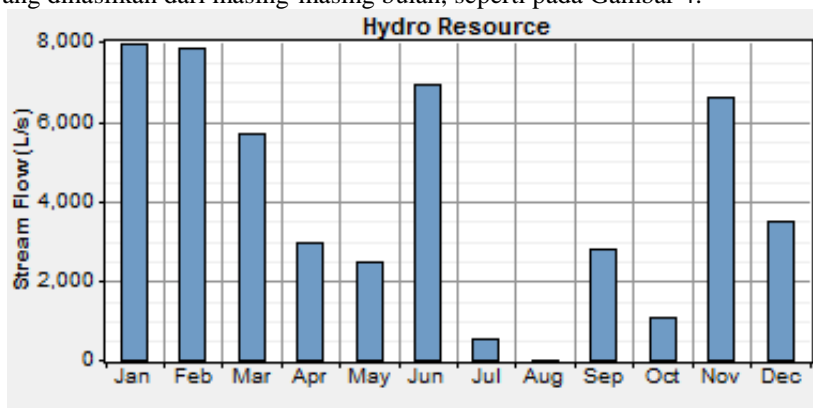
Gambar 3 memperlihatkan secara grafik histogram tampilan potensi biogas dengan Homer.



Gambar 3. Potensi Biogas desa Sembalum Bumbang

C. Jumlah Hari Hujan, Curah Hujan, dan Luas Daerah

Dari curah hujan di desa Sembalum Bumbang dengan wilayah DAS Mayung Puteq maka dapat dihitung besar debit air yang dihasilkan dari masing-masing bulan, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Potensi energi air DAS Mayung Puteq

D. Potensi Energi Surya

Perencanaan dilakukan pada Desa Sembalum Bumbang dengan letak geografis pada posisi 8°24'.17"LS dan 116°32'.17"BT dari meridian standar zona waktu. Maka dapat dihitung intensitas iridasi langsung (I_{DN}) pada tengah hari pada saat matahari bersinar terik, yaitu jam 12.00 siang pada waktu setempat seperti pad Tabel 3[6].

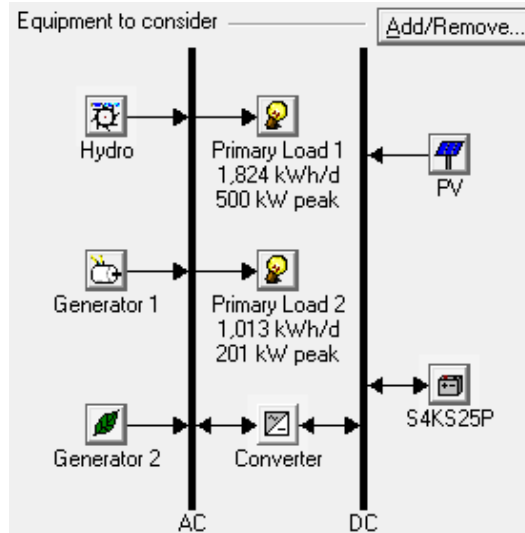
Tabel 3. Hasil Perhitungan Intensitas Radiasi Matahari

N0	Bulan	Intensitas Iridasi Normal Langsung (I_{DN}) (kWh/m ²)	Indeks kecerahan
1	Januari	2,074	0,191
2	Februari	2,767	0,255
3	Maret	3,221	0,307
4	April	2,773	0,286
5	Mei	4,381	0,497
6	Juni	6,722	0,809
7	Juli	7,488	0,880
8	Agustus	4,018	0,433
9	September	2,376	0,234
10	Oktober	2,320	0,218
11	November	2,731	0,253
12	Desember	3,864	0,358

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Konfigurasi Sistem

Skema opsi sistem penyedia daya untuk ditunjukkan pada Gambar 5. Sistem ini direncanakan di Desa Sembalun Bumbung Kec. Sembalun, LOTIM, NTB. Perencanaan konfigurasi sistem penyedia daya untuk melayani beban pedesaan merupakan kombinasi dari Hydro/PV/Biogas/Diesel/Baterai, yang skemanya ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Konfigurasi perencanaan sistem hybrid berbasis energi

B. Analisis Optimasi

Setelah menginput semua data yang telah diolah pada *software* HOMER dan menjalankan (*calculate*), maka akan didapatkan data-data sebagai berikut :

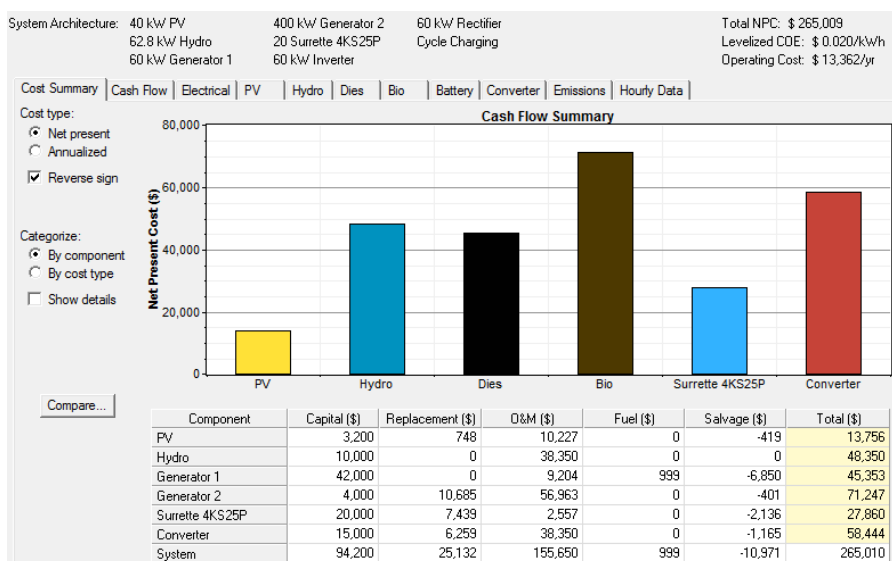
	PV (kW)	Hydro (kW)	Dies (kW)	Bio (kW)	S4KS25P	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Biomass (t)	Dies (hrs)	Bio (hrs)
		62.8		400			\$ 14,000	8,841	\$ 127,018	0.010	1.00		1,014		6,172
				500			\$ 5,000	10,422	\$ 138,222	0.010	1.00		1,774		8,760
			60	500			\$ 47,000	10,077	\$ 175,818	0.013	1.00	28	1,774	3	8,760
		62.8	60	500			\$ 57,000	9,768	\$ 181,870	0.014	1.00		1,197	0	6,172
	40	62.8		400		60	\$ 32,200	13,046	\$ 198,971	0.015	1.00		999		6,152
		62.8		400	20	60	\$ 49,000	12,318	\$ 206,470	0.016	1.00		933		5,616
	40			500		60	\$ 23,200	14,646	\$ 210,422	0.016	1.00		1,753		8,760
				500	20	60	\$ 40,000	14,030	\$ 219,356	0.017	1.00		1,716		8,425
	40	62.8		400	20	60	\$ 52,200	13,101	\$ 219,669	0.017	1.00		914		5,571
				500	20	60	\$ 43,200	14,855	\$ 233,096	0.018	1.00		1,694		8,424
	40		60	500		60	\$ 65,200	14,301	\$ 248,017	0.019	1.00	28	1,753	3	8,760
		62.8	60	400	20	60	\$ 91,000	12,648	\$ 252,684	0.019	1.00	121	933	13	5,616
	40	62.8		60	500	60	\$ 75,200	13,968	\$ 253,761	0.019	1.00		1,188	0	6,152
			60	500	20	60	\$ 82,000	13,618	\$ 256,090	0.019	1.00	19	1,716	2	8,425
	40	62.8	60	400	20	60	\$ 94,200	13,362	\$ 265,009	0.020	1.00	112	914	12	5,570
			60	500	20	60	\$ 85,200	14,443	\$ 269,830	0.020	1.00	19	1,694	2	8,424

Gambar 6 Hasil simulasi sistem, total NPC, biaya awal, biaya produksi listrik per kWh (COE)

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai NPC terkecil terletak paling atas dan ketika semua komponen digunakan terletak pada nomor 2 paling bawah. Optimasi yang paling bagus tentunya yang memiliki nilai NPC terkecil.

1. Biaya komponen-komponen pada sistem hybrid

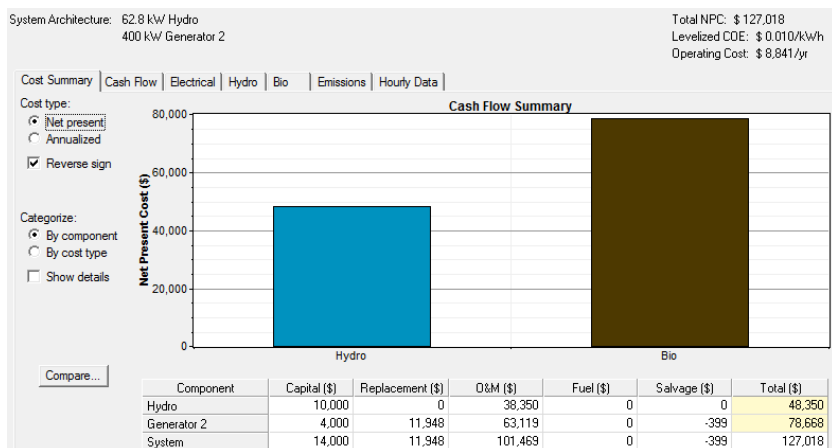
Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui dengan konfigurasi PLTMH 62.8 kW, Genset Diesel 60 kW, Biogas 500 kW, Baterai surrette 4KS25P (1900 Ah, 4V) sebanyak 20 buah dan konverter 20 kW dapat diketahui nilai biaya masing-masing komponen.



Gambar 7 Biaya awal dan biaya tahunan komponen lengkap perencanaan sistem hybrid

Gambar 7 menunjukkan bahwa komponen generator 2 memiliki nilai modal awal tertinggi sebesar US\$ 71,247, converter US\$ 58,444, hydro US\$ 48,350, generator 1 US\$ 45,353, surrette 4KS25P US\$ 27,860, dan PV US\$ 13,756, sehingga total biaya tahunan sebesar US\$ 265,010.

Gambar 8 menunjukkan konfigurasi sistem Hydro 62.8 kW dan Biogas 500 kW, sehingga nilai biaya masing-masing komponen dapat dilihat.

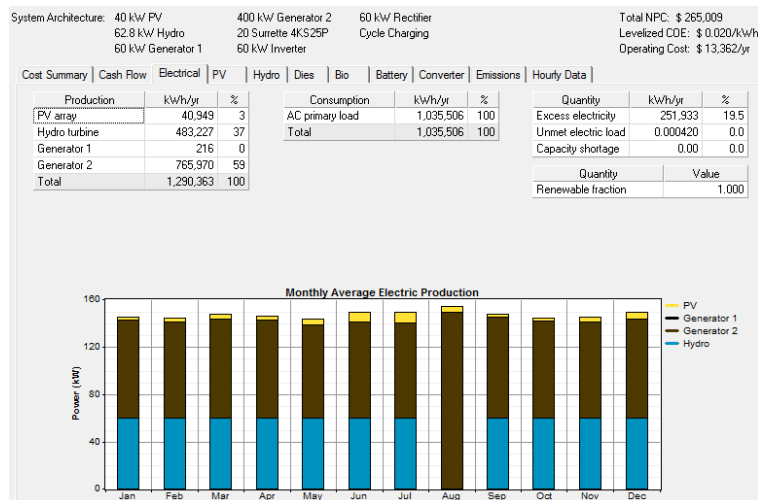


Gambar 8 Biaya awal dan biaya tahunan komponen perencanaan sistem hybrid

Dari Gambar 8 didapatkan nilai modal awal yang tertinggi dimiliki komponen generator 2 US\$ 78,668 dan Hydro US\$ 48,350 maka nilai total biaya tahunan sebesar US\$ 127,018.

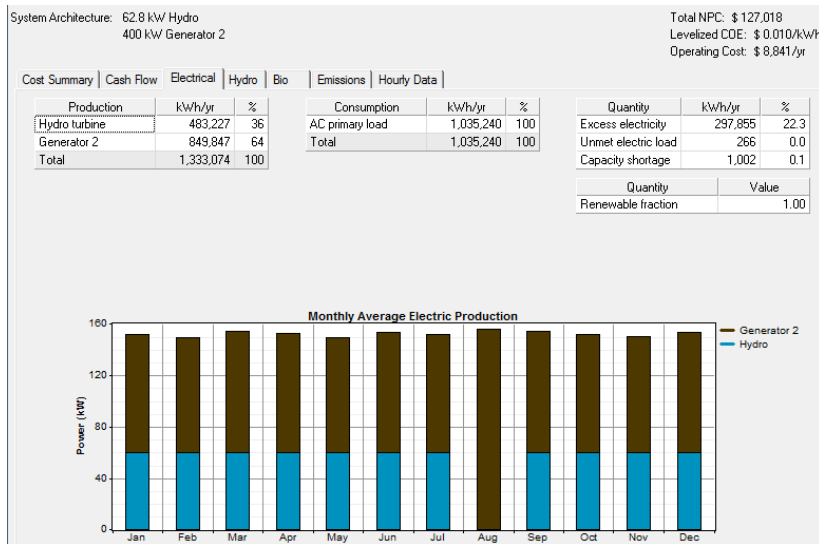
2. Produksi listrik tahunan

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10, software HOMER akan memberikan presentase produksi listrik tahunan dari masing-masing komponen yang ada di Desa Sembalun Bumbung. Dengan profil beban 1 yang menghasilkan 1,824 kilowatt-jam per hari dengan beban puncak 500kW, dan profil beban 2 yang menghasilkan 1,013 kilowatt-jam per hari dengan beban puncak 201 kW, kebutuhan beban tahunan adalah 1,035,506 kilowatt-jam per tahun.



Gambar 9 Produksi tenaga listrik tahunan dengan komponen lengkap

Gambar 9 menunjukkan nilai produksi listrik tahunan masing-masing komponen: PV 40,949 kWh/tahun, Hydro 483,227 kWh/tahun, Generator 1 (diesel) 216 kWh/tahun, dan Generator 2 (biogas) 765,970 kWh/tahun. Dengan demikian, produksi listrik tahunan - beban listrik tahunan = 1,290,363 kWh/tahun - 1,035,506 kWh/tahun = 251,933 kWh/tahun.



Gambar 10 Produksi tenaga listrik tahunan dengan nilai NPC terkecil

Gambar 10 menunjukkan nilai produksi listrik tahunan untuk masing-masing komponen, yaitu hidro, yang menghasilkan 483,227 kilowatt-jam per tahun, dan generator 2, yang menghasilkan biogas, yang menghasilkan 849,847 kilowatt-jam per tahun. Dengan demikian, produksi listrik tahunan - beban listrik tahunan = 1,333,074 kilowatt-jam per tahun - 1,035,506 kilowatt-jam per tahun = 297,855 kilowatt-jam per tahun.

Kombinasi PV 40 kW, Hydro (PLTMH) 62,8 kW, Generator 1 (desel) 60 kW dan Generator 2 biogas 400 kW memberikan nilai CEO terendah dengan nilai \$ 0,020/kWh, nilai NPC sebesar \$ 265.000 dan biaya operasional sebesar \$ 13.360/tahun.

4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi konfigurasi Hidro-PV-Biogas menggunakan HOMER pada pembangkit listrik Hybrid dilengkapi dengan baterai diambil kesimpulan bahwa pembangkit berbasis energi terbarukan didapatkan hasil bahwa perencanaan pembangunan system yang tepat dengan energi total pertahun 1,035,240 kWh/tahun. Dengan perencanaan biaya NPC \$ 127.018; harga jual energi (COE) \$ 0.010/kWh dan biaya

operasional \$ 8,841/tahun, hal ini memberikan tinjauan secara teknis dan ekonomis yang layak untuk dikembangkan implementasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Rajani, Kusnadi dan Rudi Darussalam, 2016, Simulasi Integrasi PV-Biogas Menggunakan Homer Pada Pembangkit Listrik Hybrid On-Grid: Studi Kasus Ponpes Baiturrahman Ciparay Bandung, Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016, Vol. 5, pp. 55-60.
- [2] Mishra, S., Panigrahi, C.K., and Kothari, D.P., 2016, "Design and simulation of a solar-wind-biogas hybrid system architecture using HOMER in India" International Journal of Ambient Energy, Vol.37, No.2, pp. 184-191.
- [3] Nizar Amir1, Makhfud Efendy, Sabarudin Akhmad, Fiki Milatul Wahyu dan Rafly Firman Surya Putra. 2023. "Optimalisasi Penggunaan Energi Terbarukan untuk Desa Mandiri Energi dan Ramah Lingkungan," *Rekayasa Journal of Science and Technology*, Vpi. 16, No. 1, pp. 42-48.
- [4] Susi Afriani, R. Reski Eka Putra, Nanda Putri Miefthawati dan Marhama Jelita, 2020, "Analisis Teknis-Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Solar PV/Biogas off Grid System," *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, Vol.18, No. 1, pp. 17-23.
- [5] Badan Pusat Statistik Kabupaten Lombok Timur Provinsi NTB. 2016. Kecamatan Sembalun dalam angka tahun 2016. Badan Pusat Statistik Kabupaten Lombok Timur Provinsi NTB.
- [6] Archie W. Culp Jr, 1996, 'Prinsip-Prinsip Konversi Energi', Cetakan Keempat, Erlangga Jakarta, diterjemahkan oleh Darwin Sitompul, Kusnul Hadi.