

Analisis Biaya Pembangkitan Energi Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Untuk Daerah Terisolasi

Herlina^{1*}, R. Thayib¹, E. Lazuardy¹, P. D. Muthia¹

¹ Teknik Elektro, Universitas Sriwijaya, Palembang
Corresponding author: herlina.wahab@yahoo.com

ABSTRAK: Pembangkit listrik tenaga hibrida merupakan kombinasi pembangkit listrik dengan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) dan yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable*). Secara menyeluruh integrasi pada PLTH ini merupakan sistem yang multi variabel sehingga dibutuhkan bantuan perangkat lunak, dalam hal ini HOMER versi 2.67. perangkat lunak ini mengoptimasi berdasarkan nilai NPC. Dengan studi kasus PLTH di desa Simpang Sender Timur, diintegrasikan PLTD, PLTMH, PLTS, dan PLTB. Hasil simulasi dan optimasi dengan bantuan perangkat lunak HOMER menunjukkan bahwa secara keseluruhan PLTH yang optimum untuk diterapkan di area studi adalah kombinasi PLTD dan PLTMH. Pada kondisi yang optimum ini kontribusi PLTMH adalah sebesar 82% dan PLTD sebesar 12%, dengan nilai bersih sekarang (*net present cost, NPC*) sebesar \$330.823, biaya pembangkitan listrik (*cost of energy, COE*) sebesar \$0,147/kWh, konsumsi BBM pertahun sebesar 24.880 L, dan kelebihan energinya sebesar 113.734 kWh/tahun.

Kata kunci : PLTH, Simulasi, NPC, COE

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan sehari-hari listrik sangat diperlukan untuk melakukan berbagai aktifitas, mulai dari aktifitas perumahan hingga aktifitas perindustrian. Akan tetapi, masih banyak daerah pedesaan yang terisolir yang belum dapat menikmati listrik dan jauh dari distribusi listrik pt. Pln. Penggunaan mesin diesel dapat menjadi solusi masalah ini, akan tetapi kelangkaan dan harga BBM yang mahal dapat menjadi kendala dalam pengoperasian mesin diesel, oleh karena itu dibutuhkan sumber energi tambahan yang efektif dan ekonomis. Sistem pembangkit hibrida diharapkan dapat menjadi pemecahan bagi permasalahan pemenuhan kebutuhan listrik pada daerah pedesaan yang terisolir. Sistem pembangkit hibrida merupakan jenis sistem pembangkit yang mengkombinasikan pembangkit listrik dengan sumber energi yang dapat diperbaharui (*renewable*) dan yang tidak dapat diperbaharui (*unrenewable*). Dengan pembangkit hibrida pemenuhan kebutuhan listrik di suatu daerah dapat disuplai dengan pemanfaatan potensi sumber energi terbarukan yang ada pada daerah tersebut

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Merancang sistem pembangkit hibrida yang sesuai dengan potensi sumber daya alam terbarukan yang ada pada desa Simpang Sender Timur kecamatan

Buay Pematang Ribu Ranau Tengah kabupaten OKU Selatan provinsi Sumatera Selatan.

2. Merancang kombinasi pembangkit hibrida yang paling ekonomis untuk digunakan di desa Simpang Sender Timur kecamatan Buay Pematang Ribu Ranau Tengah kabupaten OKU Selatan provinsi Sumatera Selatan dengan bantuan software HOMER.
3. Menghitung biaya pembangkitan energi listrik sistem pembangkit listrik tenaga hibrida di desa Simpang Sender Timur kecamatan Buay Pematang Ribu Ranau Tengah kabupaten OKU Selatan provinsi Sumatera Selatan.
4. Membandingkan suplai listrik yang paling ekonomis untuk kebutuhan hidup di desa Simpang Sender Timur kecamatan Buay Pematang Ribu Ranau Tengah kabupaten OKU Selatan provinsi Sumatera Selatan.

Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (*Hybrid System*)

Pembangkit listrik tenaga hibrida (plth) merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar seperti jaringan pln atau pltd. Plth ini memanfaatkan *renewable energy* sebagai sumber utama (*primer*) yang dikombinasikan dengan Diesel Generator Sebagai Sumber Energi Cadangan (Sekunder).

Pada PLTH, *renewable energy* yang digunakan dapat berasal dari energi matahari, angin, dan lain-lain yang dikombinasikan dengan Diesel-Generator Set sehingga menjadi suatu pembangkit yang lebih efisien, efektif dan

handal untuk dapat mensuplai kebutuhan energi listrik baik sebagai penerangan rumah atau kebutuhan peralatan listrik yang lain seperti TV, pompa air, setrika listrik serta kebutuhan industri kecil di daerah tersebut. Dengan adanya kombinasi dari sumber-sumber energi tersebut, diharapkan dapat menyediakan catu daya listrik yang kontinyu dengan efisiensi yang paling optimal.

Prinsip Kerja PLTH

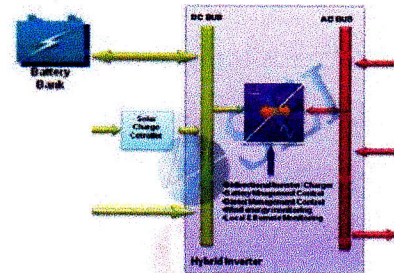
Cara kerja Pembangkit Listrik Sistem Hibrida sangat tergantung dari bentuk beban atau fluktuasi pemakaian energi (*load profile*) yang mana selama 24 jam distribusi beban tidak merata untuk setiap waktunya. *Load profile* ini sangat dipengaruhi penyediaan energinya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka kombinasi sumber energi antara Sumber energi terbarukan dan Diesel Generator atau disebut Pembangkit Listrik Sistem Hibrida adalah salah satu solusi paling cocok untuk sistem pembangkitan listrik pada daerah yang terisolir dengan jaringan yang lebih besar seperti jaringan PLN.

Pada umumnya PLTH bekerja sesuai urutan sebagai berikut:

1. Pada kondisi beban rendah, maka beban disuplai 100% dari baterai dan PV module, selama kondisi baterai masih penuh sehingga diesel tidak perlu beroperasi.
2. Untuk beban diatas 75% beban inverter (tergantung setting parameter) atau kondisi baterai sudah kosong sampai level yang disyaratkan, diesel mulai beroperasi untuk mensuplai beban dan sebagian mengisi baterai sampai beban diesel mencapai 70-80% kapasitasnya (tergantung setting parameter). Pada kondisi ini Hybrid Controller bekerja sebagai charger (merubah tegangan AC dari generator menjadi tegangan DC) untuk mengisi baterai.
3. Pada kondisi beban puncak baik diesel maupun inverter akan beroperasi dua-duanya untuk menuju paralel sistem apabila kapasitas terpasang diesel tidak mampu sampai beban puncak. Jika kapasitas genset tidak akan beroperasi paralel dengan genset.
4. Semua proses kerja tersebut diatas diatur oleh *System Command Unit* yang terdapat pada *Hybrid Controller*. Proses kontrol ini bukan sekedar mengaktifkan dan menonaktifkan diesel tetapi yang utama adalah pengaturan energi agar pemakaian BBM diesel menjadi efisien. Parameter Pemakaian BBM dinyatakan dengan *Specified Fuel Consumption (SFC)*, yaitu volume bahan bakar untuk dapat menghasilkan energi tertentu dari suatu diesel-generator. Nilai SFC tergantung efisiensi engine dan berapa persen daya yang dipikul oleh *engine* terhadap kapasitas maksimumnya, yang nilainya antara 0.25 - 0.5 liter/kWh. Nilai optimum diperoleh saat pembebanan genset 75%-80%

Komponen Komponen PLTH

Komponen komponen pada sistem pembangkit listrik tenaga hibrida terdiri dari kombinasi pembangkit listrik yang akan digunakan. Untuk kombinasi antara PLTD, PLTMH, PLTS dan PLTB maka komponennya terdiri dari :



Sumber : <http://surya.energy.com/in/sys/hybrid/php>.

Gambar 1. Skema PLTH kombinasi Tenaga Surya, Angin dan Diesel

Pada sistem diatas, PLTS dan PLTB akan mengisi baterai. Listrik keluaran PLTS dan PLTB berupa listrik dc yang kemudian akan diubah menjadi listrik ac dengan bantuan Phase SPP Inverter. Listrik keluaran PLTMH sudah berupa listrik AC. Pada saat beban dalam keadaan minimum maka listrik dapat disuplai dari baterai, akan tetapi pada saat beban dalam keadaan maksimum atau baterai dalam keadaan minimum maka listrik akan disuplai dari PLTD.

Kelebihan dan Kekurangan PLTH

Kelebihan dari penggunaan sistem PLTH ini adalah :

1. Ramah Lingkungan (*environmental friendly*)
2. Praktis digunakan pada wilayah pesisir pantai
3. Tidak memerlukan perawatan khusus
4. Teknologinya tidak rumit
5. Disainnya dari bahan yang tidak mudah karatan (korosi)
6. Mudah mengoperasikan
7. Mengurangi emisi zat karbon yang disebabkan oleh penggunaan PLTD.

Kekurangan dari penggunaan sistem PLTH ini adalah :

1. Butuh biaya yang cukup besar untuk pembuatan sistem PLTH
2. Implementasi yang sulit
3. Metodologi Penelitian

METODOLOGI PENELITIAN

Kondisi Topografi dan Administrasi

Penelitian di Simpang Sender secara administratif berlokasi di desa Simpang sender Timur, Kecamatan Buay Pematang Ribu Ranau Tengah, Kabupaten OKU Selatan, di Provinsi Sumatera Selatan, sekitar 38 km dari

kota Muara Dua Ibu Kota OKU Selatan. Desa Simpang Sender Timur ini berada pada koordinat 04 °48' 13,7° lintang selatan dan 104 °01' 34,2 bujur timur pada ketinggian +660 m dari permukaan laut. Arah utara merupakan bukit dengan kemiringan >45°, diarah selatan bukit dengan kemiringan >45°, di arah Timur bukit dengan kemiringan >45°, diarah Barat berupa lembah dan aliran sungai. (Putri Rama Consultan, CV. 2008)

Perangkat Lunak HOMER

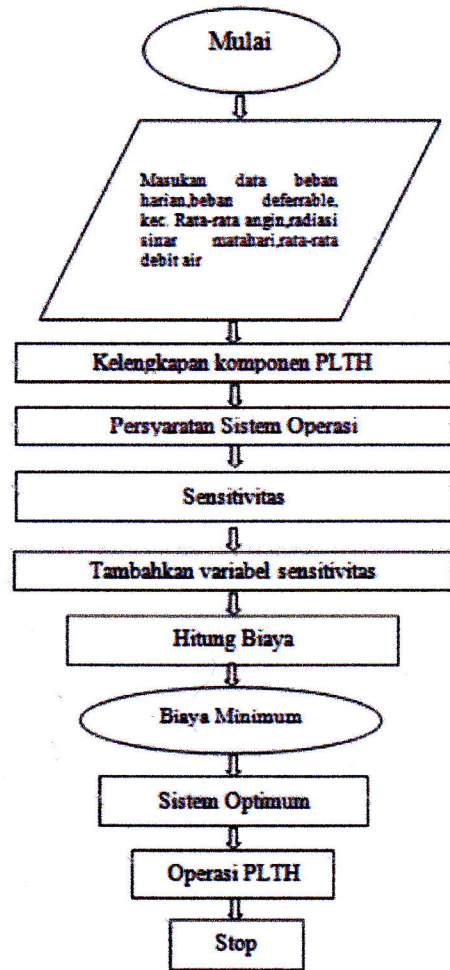
Perangkat lunak HOMER adalah suatu perangkat lunak yang digunakan untuk optimasi model sistem pembangkit listrik skala kecil (*micropower*), perangkat lunak ini mempermudah evaluasi desain sistem pembangkit listrik untuk berbagai jenis pembangkit listrik skala kecil baik yang tersambung ke jaringan listrik ataupun tidak. Perangkat lunak ini melakukan perhitungan keseimbangan energi ini untuk setiap konfigurasi sistem yang akan dipertimbangkan. Kemudian menentukan konfigurasi yang layak, apakah dapat memenuhi kebutuhan listrik di bawah kondisi yang ditentukan, perkiraan biaya instalasi dan sistem operasi selama masa proyek. Sistem perhitungan biaya modal, penggantian, operasi dan pemeliharaan, bahan bakar dan bunga.

Perangkat lunak ini bekerja berdasarkan tiga langkah utama, yaitu simulasi, optimasi dan analisis sensitifitas.

Kelebihan perangkat lunak ini adalah penggunaannya mudah, bisa mensimulasi, mengoptimasi suatu model kemudian secara otomatis bisa menemukan konfigurasi sistem optimum yang bisa mensuplai beban dengan biaya sekarang terendah (NPC), dan bisa menggunakan parameter sensitifitas untuk hasil yang lebih bagus. Sedangkan kelemahannya adalah perangkat lunak ini keluaran utamanya berupa parameter ekonomi (NPC, COE) bukan model sistem yang terperinci, dan beberapa teknologi energi terbarukan masih belum bisa disimulasikan dengan perangkat lunak ini. (Gilman, P., Lambert, T., 2005 *Homer* Version 2.67).

Studi Implementasi PLTH Desa Simpang Sender Timur

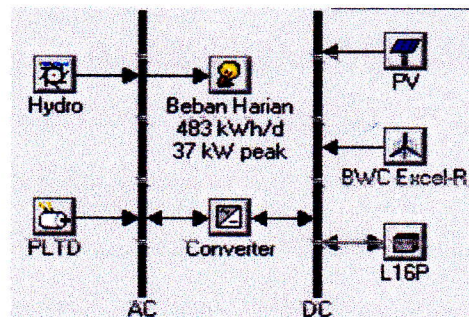
Studi ini menggunakan bantuan perangkat lunak HOMER dengan algoritma seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2. Diagram Alir PLTH

Model PLTH Desa Simpang Sender Timur

Model PLTH yang akan disimulasi dan dioptimasi terdiri dari panel surya (photovoltaik), turbin air, turbin angin, diesel generator, inverter dan baterai. Gambar berikut adalah model PLTH yang akan disimulasi dan dioptimasi oleh HOMER :



Sumber : Homer, NREL

Gambar 3. Model Sistem PLTH Desa Simpang Sender Timur

Komponen Penyusun PLTH

Komponen – komponen penyusun PLTH terdiri dari panel photovoltaic, turbin angin, turbin air, generator diesel, inverter dan baterai.

- **Modul Surya**

Modul surya terdiri dari 70 modul yang tersusun secara seri dan diparalelkan, kapasitas tiap – tiap modul surya 100 Wp. Harga untuk 28 kWp modul surya adalah \$68.600, biaya penggantian \$68.600, biaya operasional dan pemeliharaan \$500 pertahun, masa pakai modul surya selama 25 tahun. (*Solar electric supply, 2012*).

- **Turbin Air**

Turbin air yang digunakan adalah turbin air cross flow. Biaya investasi untuk turbin cross flow ini adalah \$18.850 dengan daya 40 kW, biaya penggantian \$18.850, biaya operasi dan pemeliharaan diasumsikan sebesar \$360. Masa pakai turbin air selama 10 tahun. (*Powers City System Co.,Ltd. Copyright 2012*)

- **Turbin Angin**

Turbin angin yang digunakan adalah type BWC Excel-R dengan daya nominal 7,5 kW DC. Biaya modal untuk 1 unit turbin angin 7,5 kW DC \$ 40.380, biaya penggantian \$ 28.200, biaya operasi dan pemeliharaan diasumsikan sebesar \$ 1.000. Masa pakai turbin angin selama 15 tahun, pemasangan turbin angin di ketinggian 20 meter dari permukaan tanah. (*Bergey wind power, December 5,2012*).

Icon	PV (kW)	XLR	Hydro (kW)	Label (kW)	L16P	Conv (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Label (hrs)	Batt. Lf (yr)
			35.1	50			\$ 35,352	23,114	\$ 330,823	0.147	0.82	24,880	2,924	
			35.1	50	10	28	\$ 68,852	24,512	\$ 382,195	0.170	0.84	20,819	2,400	10.0
	28		35.1	50	10	28	\$ 137,452	22,730	\$ 428,020	0.190	0.87	18,331	2,079	10.0
	28		35.1	50		28	\$ 130,752	27,398	\$ 480,986	0.213	0.84	24,355	2,859	
		2	35.1	50	10	28	\$ 149,612	27,368	\$ 499,468	0.222	0.85	20,078	2,321	10.0
		2	35.1	50		28	\$ 142,912	30,369	\$ 531,133	0.236	0.83	24,294	2,885	
	28	2	35.1	50	10	28	\$ 218,212	25,352	\$ 542,299	0.241	0.88	17,345	1,969	10.0
	28	2	35.1	50		28	\$ 211,512	30,328	\$ 599,205	0.266	0.85	23,699	2,791	
				50			\$ 16,502	70,190	\$ 913,767	0.405	0.00	80,447	8,760	
				50	10	28	\$ 50,002	75,345	\$ 1,013,167	0.450	0.00	80,447	8,760	10.0
	28			50		28	\$ 111,902	73,600	\$ 1,052,761	0.467	0.18	78,951	8,583	
		2		50		28	\$ 124,062	77,484	\$ 1,114,573	0.495	0.06	79,733	8,760	
		2		50	20	28	\$ 137,462	77,633	\$ 1,129,870	0.501	0.06	78,016	8,514	10.0
	28	2		50		28	\$ 192,662	75,758	\$ 1,161,107	0.515	0.23	77,292	8,461	

Biaya investasi diesel dengan kapasitas 50 kW adalah \$16.502, biaya penggantian \$16.502, biaya operasi dan pemeliharaan perhari diasumsikan \$ 1. (*Powers City System Co.,Ltd. Copyright 2012*).

670, biaya penggantian sebesar \$ 670, biaya operasi dan pemeliharaan pertahun diasumsikan

HASIL SIMULASI DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi

Simulasi dan optimasi dengan menggunakan HOMER menghasilkan beberapa konfigurasi yang berbeda sesuai dengan batasan minimum kontribusi energi terbarukannya.

Simulasi yang dilakukan pada kondisi kedua dengan batasan minimum kontribusi energi terbarukan adalah 0%. Simulasi pada kondisi ini didapatkan beberapa konfigurasi optimum, seperti terlihat dalam tabel berikut :

: PLTS : PLTD
 : PLTB : Baterai
 : PLTMH : Converter

- **Inverter**

Inverter yang digunakan adalah Bidirectional Inverter (inverter-rectifier) dengan efisiensi inverter sebesar 97% dan lama waktu pengoperasiannya 10 tahun. Sedangkan efisiensi rectifier adalah 96% dan capacity relative to inverter sebesar 100%. Biaya investasi Bidirectional Inverter untuk 7 kW adalah \$ 6.700, biaya penggantian sebesar \$ 6.700, biaya operasi dan pemeliharaan pertahun diasumsikan sebesar \$ 670. (*SMA America corp. 2012, product and price off grid inverter*)

- **Baterai**

Baterai yang digunakan adalah baterai Lead Acid, biaya investasi untuk baterai ini sebesar \$

- **Generator Diesel**

Generator diesel yang digunakan adalah satu unit generator dengan kapasitas 50 kW. Waktu operasi

generator diperkirakan selama 15.000 jam dan pembebanan minimumnya adalah 30%. sebesar \$ 50. (Affordable solar store for battery. 2012).

Pembahasan Hasil Simulasi

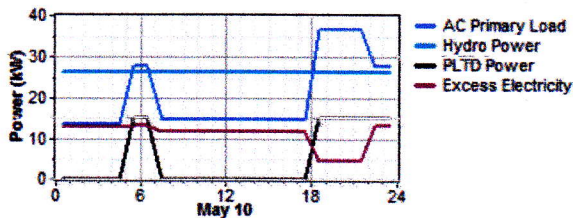
Kriteria yang diterapkan penulis untuk mendapatkan suatu sistem PLTH yang optimum adalah kombinasi sistem PLTH dengan nilai NPC terendah. Berdasarkan hasil simulasi, konfigurasi yang memenuhi syarat sebagai sistem PLTH optimum adalah sistem PLTH yang terdiri dari PLTMH dan PLTD. Konfigurasi sistem PLTH optimum terdiri dari :

- Unit PLTMH dengan kapasitas 40 kW
- 1 Unit PLTD kapasitas 50 kW

Analisis selengkapnya sebagai berikut :

• Produksi Listrik

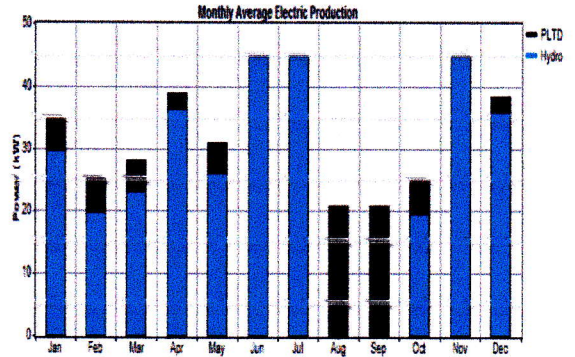
Total produksi listrik yang dihasilkan oleh PLTMH-PLTD adalah 290.041 kWh/tahun dengan kontribusi PLTMH sebesar 82% atau 237.305 kWh/tahun sedangkan kontribusi PLTD sebesar 18% atau 52.737 kWh/tahun.



Gambar 4 Kondisi beban harian – daya keluaran PLTMH-PLTD 50kW- Kelebihan listrik yang tidak terpakai

Gambar 4. adalah kondisi suplai listrik pada tanggal 10 mei, dapat dilihat PLTH beroperasi sepanjang hari sedangkan PLTD hanya beroperasi pada jam 17.30 hingga 24.00 dan pada jam 05.30 hingga 06.30. Keluaran daya maksimum PLTMH adalah sebesar 27,1 kW. PLTD hanya beroperasi selama 8 jam karena daya yang dihasilkan oleh PLTMH sudah cukup besar sehingga mampu mensuplai listrik untuk beban pada jam 06.30 hingga 17.30 dan 00.00 hingga 05.30.

Kelebihan listrik yang tidak terpakai pada sistem ini cukup besar yaitu 113.734 kWh/tahun atau 39,2% hal ini terjadi karena listrik yang diproduksi oleh PLTMH selama satu tahun berlebihan dibandingkan dengan beban yang ada. Pada gambar 4.3 kelebihan listrik terjadi sepanjang hari. Kelebihan listrik dapat juga diserap dengan menambahkan beban lain ke sistem ini seperti penambahan mesin penggiling kopi yang dapat menunjang aktifitas penduduk desa simpang sender yang sebagian besar bekerja sebagai petani kopi.



Gambar 5 Kontribusi PLTMH-PLTD

Pada gambar 5 menunjukkan kontribusi masing masing pembangkit. Kontribusi PLTMH sebesar 82% dan kontribusi PLTD sebesar 18%. Dapat kita lihat PLTMH memberikan kontribusi yang sangat besar dalam penyuplaian listrik tiap bulannya akan tetapi pada bulan agustus hingga september, PLTMH tidak berfungsi sama sekali. Hal ini diakibatkan karena curah hujan pada bulan tersebut sangat kecil sehingga debit air tidak dapat memutar turbin.

• Konsumsi BBM

Total konsumsi BBM selama satu tahun pada konfigurasi sistem PLTH terdiri dari PLTMH-PLTD adalah sebesar 24.880 liter pertahun. Pada konfigurasi ini penggunaan BBM bisa dihemat hingga 55.567 liter pertahun atau 69,07% pertahun.

• Kelebihan Listrik Yang Tidak Terpakai

Dengan beban harian tetap, kelebihan listrik yang tidak terpakai memiliki nilai yang berfluktuasi seiring dengan total produksi listrik pada sistem PLTH. Kelebihan listrik terbesar terjadi pada sistem PLTH yang terdiri dari PLTH-PLTMH-PLTD-PLTD yaitu sebesar 203.029 atau 53,3%.

• Biaya- Biaya

Secara keseluruhan sistem yang optimal adalah sistem PLTH dengan kombinasi yang terdiri dari PLTMH dan PLTD, biaya – biaya yang didapatkan dari hasil simulasi adalah sebagai berikut : modal awal yang diinvestasikan adalah sebesar \$35.352, biaya pengoperasian sebesar \$23.114 pertahun, nilai bersih sekarang (NPC) sebesar \$330.823, dan biaya listrik (COE) 0,147 per kWh.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan software HOMER maka kombinasi yang paling ekonomis untuk digunakan pada desa Simpang Sender Timur adalah kombinasi PLTMH dengan PLTD yaitu sebesar \$330.823 (Rp 3.137.941.520).

2. Berdasarkan kondisi geografis, kombinasi yang paling efektif untuk dipakai di desa Simpang Sender Timur adalah PLTS-PLTD akan tetapi biaya investasi untuk kombinasi ini jauh lebih mahal jika dibandingkan dengan kombinasi PLTMH-PLTD yaitu sebesar \$1.052.761 (Rp 9.985.438.085).
3. Besarnya biaya pembangkitan listrik oleh PLTH yaitu sebesar \$0,1468 (Rp 1.392). Jika dibandingkan dengan tarif dasar listrik PT. PLN yaitu sebesar \$0,0522 (Rp 495) biaya pembangkitan listrik per Kwh oleh PLTH jauh lebih mahal (mencapai 3 kali biaya pembangkitan listrik per Kwh oleh PT. PLN). Akan tetapi, mengingat keadaan geografis di desa Simpang Sender Timur ini maka akan sulit untuk PT. PLN membuat jaringan distribusi dikarenakan kondisi jalan yang curam.
4. Biaya produksi listrik yang paling ekonomis dihasilkan oleh PLTMH yaitu sebesar \$0,0124/kWh (Rp 117/kWh), akan tetapi dibutuhkan PLTD untuk menunjang proses produksi listrik, karena pada saat kondisi curah hujan yang sangat kecil seperti pada bulan agustus dan september yaitu 0,125, 0,21 mm/jam maka debit sungai akan menjadi kecil sehingga PLTMH tidak dapat beroperasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Kristanti. M. Th. 2011. Sumber Energi Penghasil Listrik. Yogyakarta : PT.Citra Aji Parama.
<http://surya.energy.com/in/sys/hybrid/php>. [Online], diakses 22 April 2012.
- Putri Rama Consultan, CV. 2008. Studi Kelayakan PLTMH Simpang Sender Timur. Palembang : Dinas Pertambangan dan Energi Sumatera Selatan.
- Herlina, ST. MT. 2009. Analisis Dampak Lingkungan dan Biaya Pembangkitan Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida di Pulau Sebesi Lampung Selatan, Tesis Mahasiswa Teknik Elektro. Jakarta : Universitas Indonesia.
- NASA Surface meteorology and Solar Energy. (2012). <http://eosweb.larc.nasa.gov>.
- Gilman, P., Lambert, T. (2005). *Homer the micropower optimization model software started guide*. National Renewable Energy Laboratory of United States Government.
- Solar electric supply. (2012). *Product and price for solar panel solarex MSX-60*.
http://www.solarelectricsupply.com/Solar_Panels/Solarex/MSX-60.html
- Bergey wind power. (December 5,2012). *Product and price for wind turbin*.
<http://bergeywindpower.com/7.5 kW.htm>.
- Powers City System Co.,Ltd. (Copyright 2012). *Product and price deutz power supply*. http://www.powerscity.com/32_Deutz-diesel-engine-TD226B-4D--Stamford-alternator.html
- Affordable solar store. (2012). *Price of trojan battery L-16P, 6 volt 390 A*.

<http://www.affordablesolar.com/trojan.battery.l16p.390ah.htm>

SMA America corp. (2012). *product and price off grid inverter*http://www.sma-america.com/en_US/products/off-grid-inverters.html

Gilman, P., Lambert, T. (2005). *Homer* (Version 2.67) [Computer software]. United State of America. National Renewable Energy Laboratory of United States Government.

Milani. N.P. (2006). *Performance optimization of a hybrid wind turbine – diesel microgrid power system*. A Master of Science Thesis. North Carolina State University.

Nayar. C. , Tang. M., Suponthana. W. (2007). *An AC Coupled PV/Wind/Diesel Microgrid System Implemented in A Remote Island in The Republic of Maldives*. Paper presented at Proceedings of the AUPEC Conference. Perth.

Setiawan, A.A., Nayar, C.H. (2006). *Design of Hybrid Power System for a Remote Island in Maldives*. Department of Electrical and Computer Engineering Curtin University of Technology. Australia.

Seelling, Gabriele. (1999). *Optimization of Hybrid Energy System Sizing and Operation Control*. A Dissertation presented for Kassel University Germany.

Setiawan, A.A., Zhaoa. Yu., Nayara, Chem.V. (February 2, 2009). *Design, economic analysis and environmental considerations of mini-grid hybrid power system with reverse osmosis desalination plant for remote areas*. Renewable Energy for Sustainable Development in the Asia Pacific Region, Volume 34, Pages 374-3.
http://www.sciencedirect.com/science?renewable_energy.html