

Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid PLTD-PLTS di Pulau Tunda Serang Banten

Prian Gagani Chamdareno¹, Hamzah Hilal²

¹⁾ Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta,

²⁾ Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

¹⁾ Jl. Cempaka Putih Tengah 27 Jakarta Pusat 10510, ²⁾ Jl. M.H. Thamrin No.8

Email: ¹⁾ prian.gagani@ftumj.ac.id

ABSTRAK

Pulau Tunda mempunyai jumlah penduduk 2000 jiwa, dimana sistem kelistrikannya disuplai oleh genset dengan kapasitas 100 kW yang beroperasi selama 13 jam setiap hari. Dengan sumber daya Energi Baru Terbarukan (EBT) yang dapat dikembangkan yaitu energi surya dengan potensi rata-rata sebesar 5,08 kWh/m²/hari. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan kapasitas pembangkit hibrid dari PLTD-PLTS, yang berdasarkan Net Present Cost (NPC) dan hasil analisis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu melakukan simulasi dengan menggunakan software HOMER. Berdasarkan hasil simulasi tersebut kemudian akan dilakukan analisis untuk mengukur seberapa layak sistem pembangkit hibrid ini apabila diterapkan. Dari hasil simulasi sistem pembangkit hibrida PLTD-PLTS yang direncanakan didapat hasil total produksi listrik 206.961 kWh/tahun dengan kontribusi PLTD 81,3 % dan kontribusi PLTS 18,7 %, dimana NPC sebesar \$ 2.180.000, biaya listrik \$0.919 per kWh, kelebihan listrik sebesar 42.711 kWh/tahun, emisi CO₂ yang dihasilkan pada sistem ini adalah sebesar 147 ton pertahun, terjadi penurunan jumlah emisi CO₂ sebesar 27 ton pertahun atau 15,5 %.

Kata Kunci : PLTD, PLTS, Simulasi, NPC, emisi CO₂

1 PENDAHULUAN

Pulau Tunda adalah salah satu pulau di Indonesia dengan posisi geografis 5° 48' 43" LS dan 106° 16' 47" BT (lihat peta satelit). Total luas Pulau Tunda 260 ha dihuni oleh lebih dari 2.000 Jiwa, aktivitas ekonomi masyarakat bertumpu pada perikanan. Pemerintah Provinsi Banten menetapkan Pulau Tunda sebagai salah satu daerah tujuan pariwisata.

Energi terlibat pada semua aspek kehidupan [1]. Energi memainkan peran yang sangat penting untuk Negara dan harus dikelola dengan cara yang efisien [2]. Saat ini energi listrik di Pulau Tunda dipasok oleh 1 unit Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) yang memiliki kapasitas terpasang 100 kW. Namun demikian PLTD hanya beroperasi 13 jam per hari yaitu mulai dari jam 17.00 sampai jam 07.00 dengan beban puncak sebesar 65 kW. Mengingat Pulau Tunda merupakan salah satu daerah wisata, maka infrastruktur kelistrikannya perlu diperhatikan lebih komprehensif untuk mendorong pertumbuhan ekonomi masyarakat di Pulau tersebut. Sesuai program pemerintah dalam hal hemat energi dan karena PLTD menghasilkan banyak emisi CO₂, maka penyediaan energi listrik diusahakan memanfaatkan seoptimum mungkin sumber-sumber energi terbarukan setempat (Pulau Tunda), dalam hal ini energi surya dan energi angin. Untuk itu perlu dilakukan studi terlebih dahulu guna

pengoperasian PLTD yang diintegrasikan dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Energi matahari adalah cahaya radian dan panas yang berasal dari matahari yang dimanfaatkan untuk teknologi yang selalu berkembang seperti pemanasan oleh matahari dan fotovoltik [3]. Teknologi baru yang disebut pengonsentrasi daya matahari memiliki potensi yang sangat besar bagi negara dengan sinar matahari yang melimpah dan langit yang cerah [4]. Pembangkit listrik tersebut dinamakan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH). Pengembangan sistem tenaga hibrid untuk aplikasi pada rumah tangga, institusi pendidikan, dan industri memerlukan pengetahuan dasar pada bidang teknologi, ketersediaan sumber daya alam, ekonomi dan peraturan kebijakan [5]. *Power grid* di Amerika Serikat dan negara-negara lain di dunia telah mengalami peningkatan pada frekuensi, intensitas dan durasi pemadaman sehingga memaksa peninjauan ulang dari kebijakan energi dan peraturan-peraturan [6].

Keluaran studi ini berupa unjuk kerja atau kemampuan PLTH, yaitu integrasi antar PLTD yang berbasis BBM, dengan PLTS dan PLTB yang berbasis energi terbarukan, berupa total daya PLTH, jumlah BBM yang dapat dihemat, kelebihan energi listrik yang dihasilkan, biaya pembangkitan listrik dan keluaran emisinya. Pengelolaan data dalam studi ini seluruhnya berbantuan perangkat lunak HOMER.

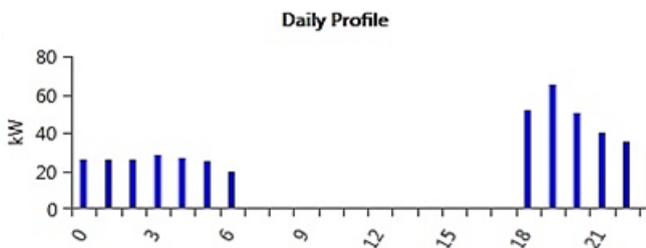
Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan hasil simulasi sistem PLTH (PLTD-PLTS) dengan menggunakan perangkat lunak Homer yang nantinya dapat diterapkan di Pulau Tunda Serang Banten.

Pembangkit listrik tenaga hibrida (PLTH) adalah gabungan atau integrasi antara beberapa jenis pembangkit listrik berbasis BBM dengan pembangkit listrik berbasis energi terbarukan umumnya sistem pembangkit yang banyak digunakan untuk PLTH adalah generator diesel, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), mikrohidro, Dalam studi ini dibuat hibrida PLTD-PLTS. PLTH ini dioperasikan untuk memikul beban. Saat ini elektronika berbahan semikonduktor organik menjadi perhatian karena fleksibel dan mudah di proses [7], [8], [9].

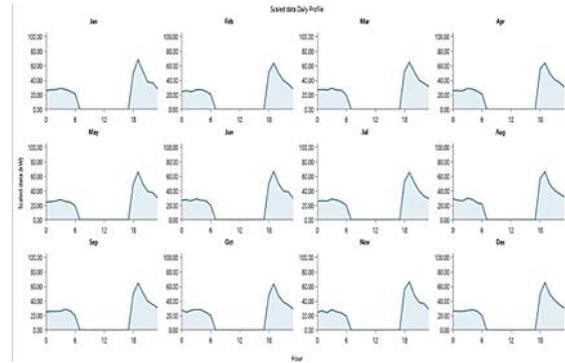
Kontribusi daya masing-masing jenis pembangkit setiap saat tidak tetap, mengingat PLTS sangat tergantung dari kondisi alam. Pada siang hari, ketika cuaca cerah, PLTS dapat beroperasi maksimum dan pada malam hari PLTS sama sekali tidak beroperasi, tetapi digantikan oleh baterai yang menyimpan energi listrik dari PLTS sepanjang siang hari.. Pembangkit berikutnya, PLTD adalah pembangkit instan yang dapat beroperasi penuh selama 24 jam. Namun sesuai dengan tujuan pengoperasian PLTH, yaitu menghemat BBM dan mengurangi emisi CO₂, maka pengoperasian PLTD merupakan variabel terakhir yang mengikuti perubahan suplai daya PLTS, sehingga kontribusi dayanya pun tergantung dari suplai daya pembangkit listrik tersebut. Dengan pengoperasian PLTS yang terintegrasi pada PLTH, maka pemakaian BBM dan emisi CO₂ dapat dikurangi.

2 METODOLOGI

Data beban listrik yang didapatkan dan digunakan hanya data beban selama sehari. Data beban listrik tersebut mewakili beban listrik selama setahun. Umumnya Beban listrik di Pulau Tunda terdiri dari lampu, TV, pompa air, dll.



Gambar 1 Grafik beban harian.



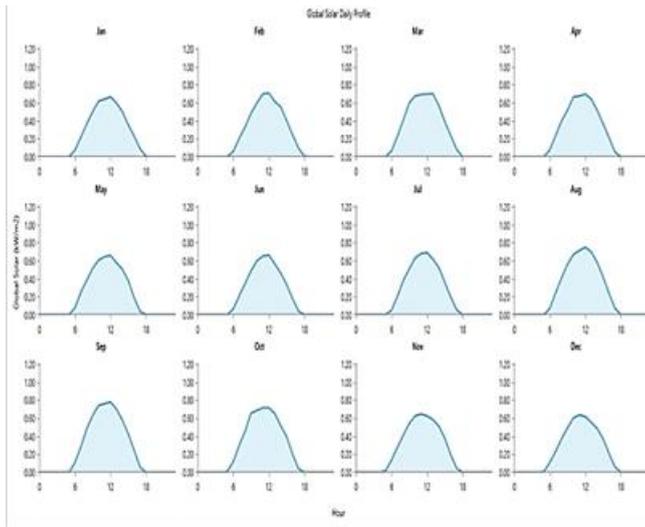
Gambar 2 Grafik beban selama setahun.

Pulau Tunda terletak pada koordinat (5^o48,7'S , 106^o16,9'E). Data radiasi matahari didapatkan melalui "Get Data Via Internet" dimana Homer akan secara otomatis masuk dalam situs resmi Badan Anatariksa Amerika Serikat (*NASA Surface Meteorolgy*), kemudian akan didapatkan rata-rata radiasi matahari per tahun sekitar 5,08 kWh/m²/d. Tabel 1 menunjukkan nilai radiasi matahari daerah Pulau Tunda, Tirtayasa, Serang, Banten, Indonesia, berdasarkan pengamatan NASA.

Tabel 1 Rata-rata radiasi matahari per tahun.

Month	Clearness Index	Daily Radiation (kWh/m ² /day)
January	0.456	4.850
February	0.465	4.990
March	0.507	5.330
April	0.512	5.050
May	0.529	4.800
June	0.531	4.580
July	0.552	4.870
August	0.567	5.400
September	0.567	5.810
October	0.517	5.480
November	0.473	5.010
December	0.453	4.770

Annual Average (kWh/m²/day): 5.08



Gambar 3 Grafik rata-rata radiasi matahari selama setahun.

Generator yang digunakan adalah model Generic atau dalam realitasnya merk Marathon tipe MP-H-100-4. Generator dirancang untuk menyuplai beban dan sebagian beban dilayani oleh energi angin atau surya. Daya generator direncanakan sebesar 100kW karena dapat memenuhi beban puncak dari beban. Biaya generator sebesar \$11,870, biaya pengganti sebesar \$9,496 dan biaya operasional sebesar \$2,3/jam. Besarnya pengeluaran biaya dari generator ditunjukkan oleh Tabel 2.

Homer menyediakan parameter masukan generator, yang terdiri dari 4 macam, yaitu biaya (*cost*), bahan bakar (*fuel*), jadwal pengoperasian (*schedule*), emisi bahan bakar (*emission*).

Tabel 2 Parameter masukan generator.

Konverter ini berfungsi untuk mengubah tegangan ac ke dc atau sebaliknya, jenis konverter yang digunakan adalah Leonics S219CPH 5kW 48Vdc 60A Inverter charger. Komponen pendukung

converter ini terdiri dari inverter dan rectifier. Masing-masing memiliki efisiensi sebesar 96 % dan 94 %. Biaya untuk pembelian konverter sebesar \$900, umur pakai selama 10 tahun.

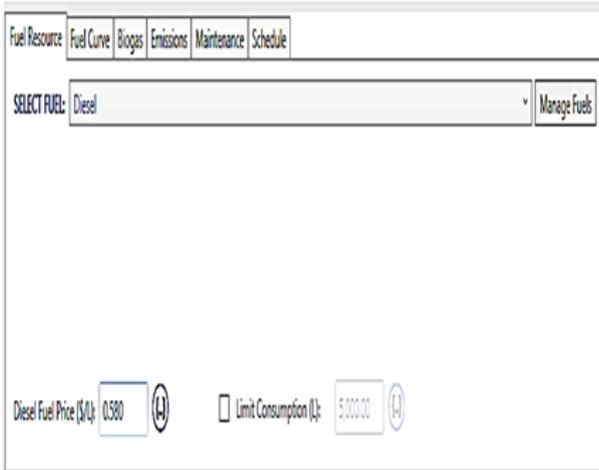
Tabel 3 Parameter masukan converter.

Baterai yang digunakan dalam simulasi ini adalah Trojan, terdiri dari 2x6V 420 Ah, charger baterai 12 Volt dan sambungan baterai (*battery interconnect 25mm*), sambungan baterai digunakan untuk menghubungkan baterai sehingga kapasitas baterai menjadi 12V 420 Ah. Baterai Trojan dipilih karena dapat tahan lama, harga murah, instalasi mudah. Jumlah baterai yang direncanakan yaitu 0,50,100,150,200. Biaya baterai \$419.

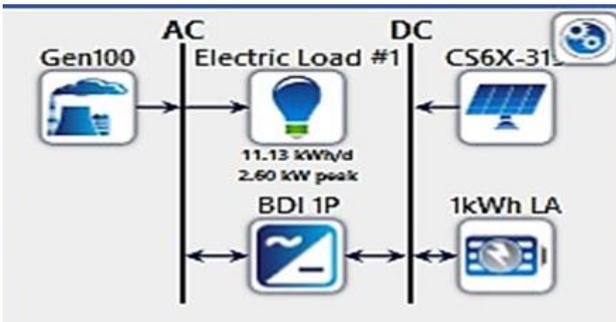
Tabel 4 Parameter masukan Baterai

Bahan bakar yang digunakan untuk genset berupa solar. Berdasarkan data lapangan harga solar di Pulau Tunda sebesar Rp 8.000,- atau \$ 0.58 (kurs rupiah 13.700).

Tabel 5. Parameter masukan bahan bakar.



Komponen utama dari sistem tenaga hibrida genset – surya untuk Pulau Tunda adalah generator dan panel surya, sedangkan komponen pendukung dari sistem adalah konverter, baterai bank. Gambar 4 adalah sistem tenaga hibrida PLTD-PLTS yang di gambarkan oleh Homer.



Gambar 4 Sistem Hibrida PLTD-PLTS.

Tabel 6 Biaya Komponen Hibrida Genset-Surya.

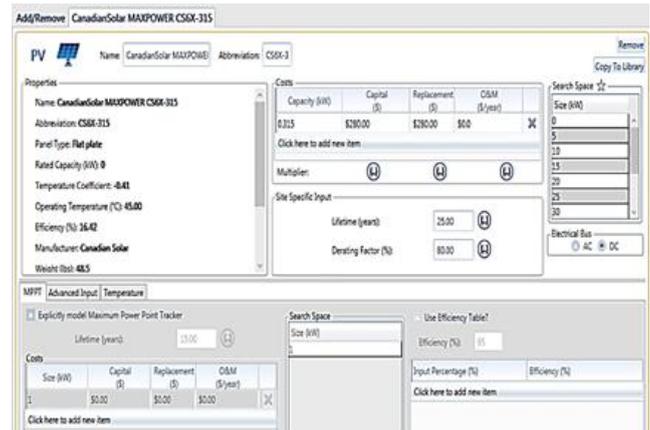
Komponen	Daya	Modal	Biaya Pengganti	Operasi & Perawatan	Umur Pakai
Generator	100 kW	\$11870	\$9496	\$2.3/jam	15000 jam
PV	0,315 kW	\$ 280	\$280	\$0	25 th
Konverter	5kW	\$900	\$850	\$0	10th
Baterai	360 Ah/6V	\$419	\$419	\$50/th	10th

Panel sel surya yang digunakan adalah CanadianSolar MaxPower CS6X-315 [15]. Satu panel sel surya berkapasitas 315W dengan harga \$280. Unit satuan Watt-peak adalah satuan daya (Watt) yang dapat dibangkitkan oleh modul

photovoltaic dalam keadaan standar uji *Standard Test Condition (STC)*. Parameter masukan sel surya ditunjukkan pada Tabel 7.

Dalam sebuah sistem, panel surya ini dapat disusun dan dirangkai menjadi beberapa buah panel, sesuai dengan daya yang dibutuhkan. Panel surya ini memiliki kelebihan yaitu struktur lapisan film photovoltaic yang tahan cuaca

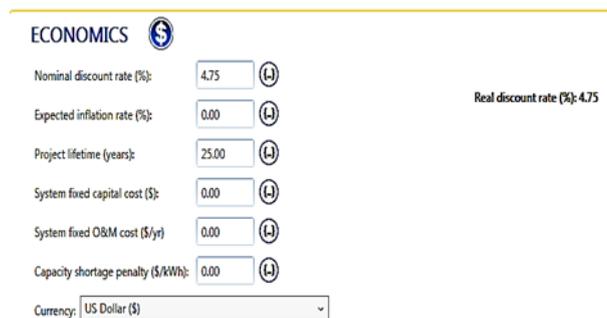
Tabel 7 Parameter masukan panel surya.



Suku bunga per tahun adalah nilai nominal suku bunga dikurangi nilai inflasi. Suku bunga per tahun pada negara Indonesia per bulan November sebesar 4,75 %. Nilai yang tepat untuk suku bunga sangatlah bergantung kepada kondisi makroekonomi saat ini, kekuatan finansial dan berbagai kebijakan lainnya. Tabel 8 menunjukkan parameter masukan suku bunga dan jangka waktu proyek.

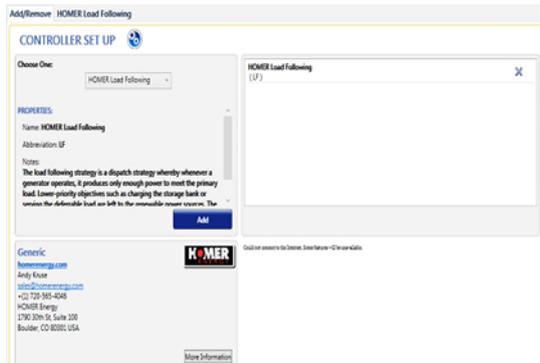
Umur proyek (tahun) adalah perkiraan lamanya umur proyek yang akan dibangun. Lamanya umur proyek dapat ditentukan dan disesuaikan dengan garansi komponen terlama. Pada sistem ini diperkirakan umur proyek berlangsung 25 tahun, disesuaikan dengan garansi sel surya. Homer menggunakan umur proyek untuk menghitung biaya selama setahun dan biaya dari masing-masing komponen.

Tabel 8 Faktor Ekonomi.



Parameter masukan kontrol sistem menetapkan bagaimana Homer memodelkan pengoperasian dari baterai bank dan generator. Sistem ini menggunakan cara *Load Following* yang artinya pengisian baterai dilakukan dengan tenaga hibrida (sel surya /angin). Cara ini dipilih karena sistem memiliki sumber energi sel surya atau angin yang akan mengisi baterai ketika daya keluaran (*Output*) melebihi beban yang dibutuhkan.

Tabel 9 Parameter masukan kontrol sistem pada homer.



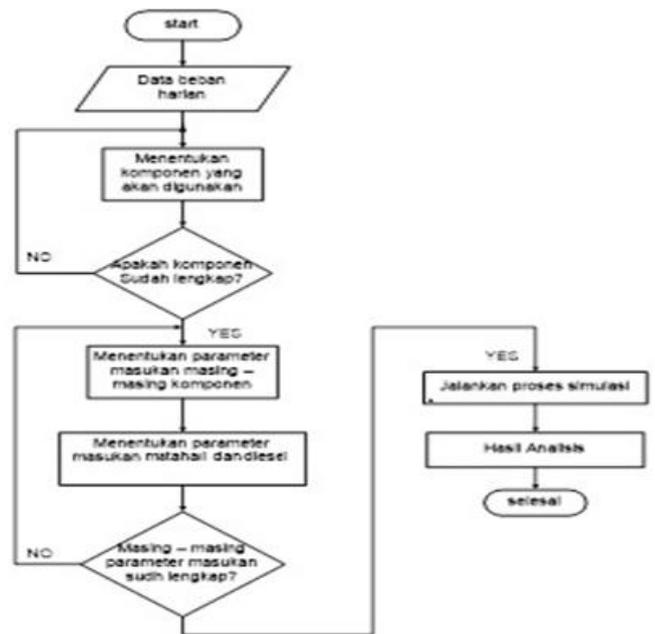
Constraint adalah kondisi dimana konfigurasi sistem sangat memungkinkan untuk dirancang dan dibuat. Konfigurasi sistem yang tidak memungkinkan tidak akan ditampilkan didalam hasil analisa sensitifitas. Tabel 10 menunjukkan parameter masukan constraint yang terdapat pada Homer. *Maximum annual capacity shortage* adalah presentasi jumlah kekurangan energi listrik pada sistem setiap harinya. Diasumsikan nilainya sebesar 10 %. *Minimum renewable fraction* adalah presentasi jumlah minimum energi terbarukan dengan generator. Diasumsikan nilai *renewable fraction* sebesar 10%. Tenaga cadangan dibutuhkan untuk mengantisipasi apabila terjadi kenaikan beban secara tiba-tiba dan penurunan energi keluaran (*output*) pada tenaga hibrida. Tenaga cadangan ini dapat dikendalikan dengan mengatur data beban per jam, data beban puncak, data energi keluaran turbin angin dan data keluaran pada panel sel surya yaitu :

Load in current time step (%) adalah jumlah persentasi besarnya nilai yang ditambahkan pada beban setiap jamnya. Besarnya *Load in current time step* pada perancangan sebesar 10%, untuk mengantisipasi terjadinya kenaikan beban sebesar 10%. *Annual peak load* adalah persentasi besarnya nilai yang ditambahkan hanya pada beban puncak. *Solar power output* adalah persentasi besarnya nilai untuk mengantisipasi apabila energi keluaran sel surya menurun sebesar 25%. *Wind power output* adalah persentasi besarnya nilai untuk

mengantisipasi apabila energi keluaran turbin angin menurun sebesar 25%

Tabel 10 Parameter masukan faktor constraint.

Penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :



Gambar 5 Diagram Alir Simulasi.

Perancangan sistem ini menggunakan software HOMER. Simulasi ini akan mendapatkan hasil yang optimum pada PLTH :

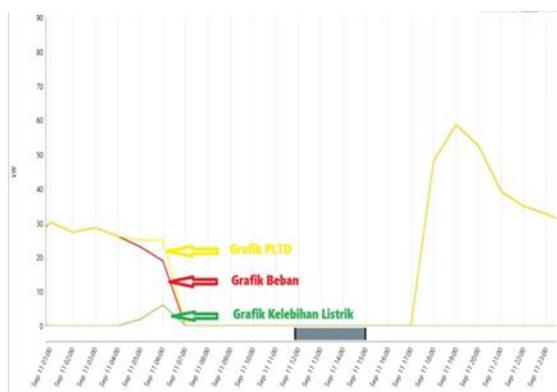
Langkah-langkah yang dilakukan adalah :

1. Pada simulasi ini langkah awal adalah dengan memasukkan data beban listrik.
2. Menentukan komponen-komponen PLTH yang akan di gunakan.
3. Mengecek kelengkapan komponen-komponen pada PLTH.

- Menentukan parameter masukan masing-masing komponen.
- Menentukan parameter masukan faktor sumber daya matahari
- Mengecek masing-masing parameter masukan faktor sumber daya matahari.
- Menjalankan proses simulasi dengan HOMER.
- Mendapatkan hasil simulasi.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis hasil simulasi pada kondisi awal ini adalah sebagai pembandingan atau yang akan dijadikan patokan untuk menganalisis sistem PLTH optimal hasil simulasi kondisi kedua, adapun hasilnya yaitu :



Gambar 6 Kondisi Beban Harian – Daya Keluaran PLTD 100kW- Kelebihan Listrik Yang Tidak Terpakai.

Gambar 6 diatas adalah kondisi suplai listrik pada tanggal 11 September 2016, dapat dilihat PLTD 100 kW beroperasi pada jam 17.00 sampai jam 07.00. Keluaran daya maksimum sebesar 65 kW pada jam 19.00. Pada jam 06.00 terdapat kelebihan listrik sebesar 5 kW dikarenakan oleh daya yang dihasilkan oleh PLTD sebesar 25 kW sedangkan penggunaan beban hanya sebesar 20 kW. Kelebihan listrik ini terjadi karena listrik yang diproduksi oleh PLTD 100 kW berlebihan dibandingkan dengan beban yang ada. Pada kondisi awal ini kelebihan energi listrik tersebut tidak dapat dimanfaatkan, karena tidak terdapat baterai sebagai tempat penyimpanan energi listrik pada sistem ini.

Dampak Lingkungan (Emisi)

Ketika kondisi awal atau nilai kontribusi energi terbarukan 0 %, maka didapatkan tingkat emisi CO₂ dan SO_x pada pemakaian bahan bakar PLTD. Emisi CO₂ sebesar 174 ton per tahun. Hal yang sama terjadi pada emisi SO_x, ketika kondisi awal nilai emisi SO_x adalah 350 kg per tahun.

Pada kondisi ini, simulasi sistem PLTH PLTD-PLTS. Dari hasil simulasi didapat hasilnya sebagai berikut:



Gambar 7 Kondisi Beban Harian – Daya Keluaran PLTD-PLTS – Kelebihan Listrik Yang Tidak Terpakai

Gambar 7 adalah kondisi suplai listrik pada tanggal 11 September 2016, dapat dilihat PLTS tidak beroperasi pada jam 18.00 sampai dengan jam 05.00. Daya keluaran daya maksimum PLTS adalah sebesar 20 kW terjadi pada pukul 12.00. PLTD 100 kW tidak beroperasi pada pukul 07.00 – 17.00. Kelebihan listrik yang tidak terpakai pada sistem ini sebesar 42.711 kWh pertahun atau 20,6 % hal ini terjadi karena listrik yang diproduksi PLTS selama satu tahun berlebihan dibandingkan dengan beban yang ada. Ketika disain PLTH disimulasi dan analisa dengan nilai kontribusi energi terbarukan, maka didapatkan tingkat emisi CO₂ dan SO_x turun seiring dengan menurunnya pemakaian bahan bakar pada PLTD. Ketika kontribusi energi PLTS 0% nilai emisi CO₂ adalah 174 ton pertahun. Nilai CO₂ menjadi 147 ton pertahun ketika kontribusi energi PLTS 18,7 % berkurang sebanyak 15,5 % atau 27 ton pertahun. Hal yang sama juga terjadi pada emisi SO_x, ketika kontribusi energi PLTS 0% nilai emisi SO_x adalah 350 kg pertahun. Nilai emisi SO_x menjadi 295 kg pertahun ketika kontribusi energi PLTS 18,7 % berkurang sebanyak 15,7 % atau 55 kg pertahun.

4 KESIMPULAN

Dari hasil analisis yang telah dilakukan secara keseluruhan, ketiga konfigurasi sistem PLTH di Pulau Tunda Serang Banten dapat diambil kesimpulan bahwa total produksi listrik yang dihasilkan pada hibrida PLTD-PLTS pertahun yaitu sebesar 206.961 kWh/tahun. Kontribusi PLTS terhadap sistem PLTH sebesar 18,7 % atau 38.793 kWh/tahun dengan waktu operasi pukul 05.00-18.00

setiap hari dengan jumlah jam operasi 4.830 jam/tahun. Sedangkan PLTD 81,3 % atau 168.168 kWh/tahun dengan waktu operasi 17.00-07.00 setiap hari atau jumlah jam operasi 4.745 jam/tahun. Konfigurasi ini memiliki nilai NPC \$ 2.180.000 dan biaya listrik \$ 0.919 per kWh. Kelebihan energinya selama setahun sebesar 42.711 kWh/tahun. Dampak lingkungan yang dapat dikurangi dengan menerapkan sistem PLTD-PLTS, emisi CO₂ yang dihasilkan pada sistem ini adalah sebesar 147 ton pertahun, terjadi penurunan jumlah emisi CO₂ sebesar 27 ton pertahun atau 15,5 % dari kondisi awal jumlah emisi CO₂ sebesar 174 ton pertahun.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budiyanto and Fadlioni, "The Improvement of Solar Cell Output Power Using Cooling and Reflection from Mirror," *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 8, no. 3, pp. 1320–1326, 2017.
- [2] K. Kaur, G. Singh Brar, and M. T. Scholar, "Solar-Biogas-Biomass Hybrid Electrical Power Generation for a Village (a case study)," *Int. J. Eng. Dev. Res.*, vol. 4, no. 1, pp. 2321–9939, 2016.
- [3] M. Mustafa, V. Sunil, and U. Bhasker, "Hybrid Power Generation By Solar Tracking and Vertical Axis Wind Turbine (Design and Analysis)," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 8, 2017.
- [4] H. Hong, S. Peng, Y. Zhao, Q. Liu, and H. Jin, "A typical solar-coal hybrid power plant in China," *Energy Procedia*, vol. 49, pp. 1777–1783, 2013.
- [5] G. Sandeep and V. S. Vakula, "Optimal combination and sizing of a standalone hybrid power system using HOMER," *2016 Int. Conf. Electr. Electron. Optim. Tech.*, pp. 4141–4144, 2016.
- [6] J. A. Weber, D. W. Gao, and T. Gao, "Affordable mobile hybrid integrated renewable energy system power plant optimized using HOMER Pro," *NAPS 2016 - 48th North Am. Power Symp. Proc.*, pp. 1–6, 2016.
- [7] Fadlioni, H. Isyanto, and P. G. Chamdareno, "The comparison of organic field effect transistor (OFET) structures," in *2017 2nd International Conference on Frontiers of Sensors Technologies (ICFST)*, 2017, pp. 6–9.
- [8] F. Fadlioni and B. Budiyanto, "Transistor Efek Medan Berbasis Semikonduktor Organik Pentacene untuk Sensor Kelembaban," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 2, pp. 204–209, 2017.
- [9] Fadlioni, M. K. Biddinika, and S.-I. Ohmi, "The humidity dependence of pentacene organic metal-oxide-semiconductor field-effect transistor," *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.)*, vol. 15, no. 2, pp. 578–583, 2017.

