

**ANALISIS OPTIMALISASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA *HYBRID*
BERBASIS PADA BEBAN DI PLTH BAYU BARU
PANDANSIMO, BANTUL, DIY**

Yoga Nova Diansyah

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
Jl. Lingkar Selatan, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Yogyakarta, Indonesia

Email : yoganovadiansyah@gmail.com

INTISARI

Di Indonesia pengembangan energi terbarukan sudah banyak dilakukan tapi energi listrik yang dihasilkan belum besar dan belum bisa menggantikan listrik dari PLN. Pengembangan yang sekaligus menjadi percontohan pemanfaatan energi terbarukan ialah Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) Bayu Baru di Pandansimo, Bantul, DIY. PLTH ini adalah penggabungan sumber daya energi surya atau matahari dengan energi bayu atau angin.

PLTH mengalami banyak permasalahan mengenai sumber energi, peralatan dan distribusi energi listriknya, sehingga listrik yang dihasilkan belum optimal sepenuhnya. Penelitian ini dilakukan sebagai usaha untuk dapat mengetahui besaran nilai optimal yang seharusnya dihasilkan sistem dan besaran nilai optimal yang saat ini dihasilkan oleh sistem yang beroperasi, sehingga dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk meningkatkan optimalisasi sistem PLTH ini.

Hasil yang didapatkan ialah perbandingan energi listrik yang seharusnya dihasilkan sistem PLTH dengan energi listrik yang saat ini dihasilkan sistem PLTH, sehingga dari nilai-nilai tersebut dapat diketahui tingkat keoptimalan sistem PLTH. Perhitungan dilakukan menggunakan software Homer.

Kata kunci : Hybrid, optimalisasi, HOMER.

ABSTRACT

In Indonesia the development of renewable energy has been done but the electrical energy generated has not been large and can not replace electricity from PLN. The development of a pilot utilization of renewable energy is the Bayu Baru Hybrid Power Plant (PLTH) in Pandansimo, Bantul, DIY. This PLTH is a combination of solar or solar energy resources with wind or wind energy.

PLTH has a lot of problems regarding its energy source, equipment and distribution of electric energy, so that the electricity produced is not fully optimized yet. This research is conducted as an effort to know the optimal value that should be produced by the system and the optimal value value currently produced by the operating system, so it can be used as consideration to improve the optimization of PLTH system.

The result obtained is the comparison of electrical energy that PLTH system should produce with electric energy which is currently produced by PLTH system, so

from those values can be known level of optimization of PLTH system. The calculation is done using Homer software.

Keywords: Hybrid, optimization, HOMER.

1. Pendahuluan

Di negara kita Indonesia ini pembangkit listrik yang dibangun selalu mengalami kenaikan setiap tahunnya. Sampai pada akhir tahun 2015 pembangkit yang telah dibangun mencapai 55.528,10 MW yang terdiri dari pembangkit PLN sebesar 38.314,23 MW dan Non PLN sebesar 17.213,87 MW. Penyediaan tenaga listrik akhir tahun 2015 sebesar 233.981,98 GWh yang terdiri atas produksi tenaga listrik PLN sebesar 176.472,21 GWh dan pembelian sebesar 57.509,77 GWh. Dibandingkan dengan tahun 2014, dimana produksi tenaga listrik PLN sebesar 175.269,97 GWh, tahun 2015 produksi listrik PLN naik sebesar 1.175,24 GWh atau 0,67%. Sedangkan pembelian tahun 2015 adalah sebesar 57.509,77 GWh, naik sebesar 4.251,84 GWh atau sebesar 7,98%. Dengan jumlah yang fantastis tersebut rasio elektrifikasi Indonesia masih berada di nilai 88.30% sampai tahun 2015 kemarin, itu artinya masih ada 11,70% kebutuhan listrik Indonesia yang masih perlu dipenuhi. Dalam perjalanannya pemerintah Indonesia menargetkan untuk bisa mencapai rasio elektrifikasi 97.35% sampai dengan 2019.

Salah satu energi terbarukan yang saat ini sudah dibangun ialah Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH). PLTH adalah pembangkit energi listrik yang menggabungkan dua atau lebih sumber energi menjadi

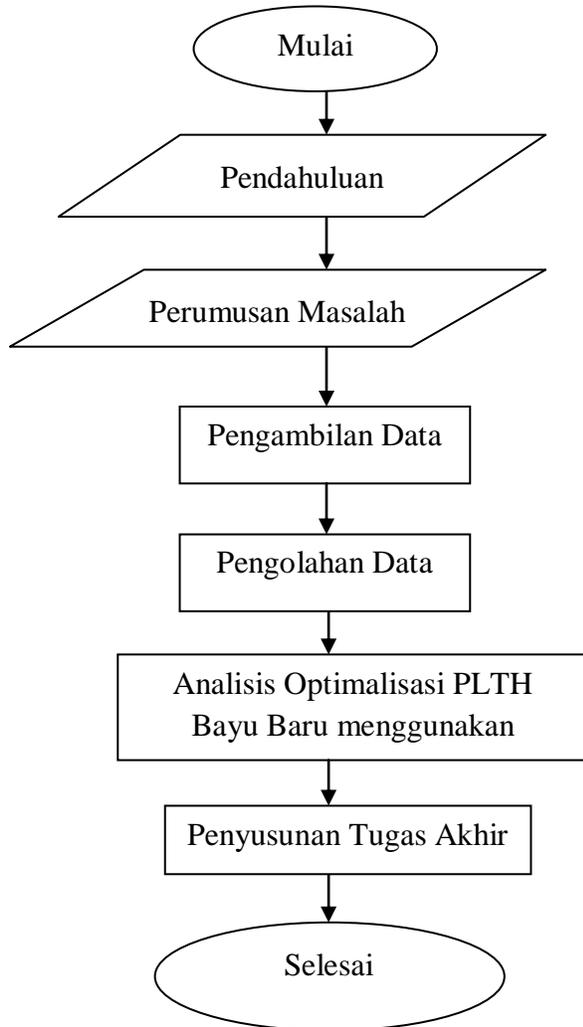
satu sistem pembangkit energi listrik. Tujuan utama dari sistem hybrid pada dasarnya ialah agar sumber energi tersebut dapat saling melengkapi dan menutupi kekurangan karena bisa bekerja bersama ataupun sendiri-sendiri tergantung kondisi sekitar.

PLTH yang saat ini sudah menjadi percontohan ialah PLTH Bayu Baru di Pandansimo, Bantul, Yogyakarta. PLTH disini menggabungkan sumber energi surya atau matahari dengan sumber energi bayu atau angin, yang akan dibahas dalam tugas akhir ini. Namun dalam implementasinya PLTH ini belum bisa mencapai keadaan optimal yang diharapkan, sehingga masih perlu banyak penelitian dan penyempurnaan agar lebih bisa menghasilkan energi listrik yang optimal.

Penelitian yang dilakukan penulis tentu mempunyai tujuan, adapun tujuannya adalah

1. Untuk mengetahui besaran energi listrik yang seharusnya dihasilkan oleh sistem PLTH ini melalui perhitungan data-data yang ada.
2. Untuk mengetahui besaran *real* energi listrik yang dihasilkan sistem PLTH melalui penelitian yang dilakukan penulis.
3. Untuk mengetahui tingkat keoptimalan energi listrik yang dihasilkan oleh sistem PLTH.

2. Metodologi Penelitian



3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) Bayu Baru

Kincir angin dan panel surya saling mendukung dalam memasok energi listrik. Jika panas terik dan kecepatan angin rendah, maka panel surya yang bertugas memasok energi listrik dan kemudian disimpan dalam baterai. Ketika cuaca hujan dan kecepatan anginnya kencang, maka

kincir angin yang akan mengambil alih sebagai pemasok energi.

Baterai digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dan kincir angin. Energi yang disimpan sementara pada baterai berupa tegangan DC, sehingga kemudian dimasukkan ke inverter untuk diubah menjadi tegangan AC agar dapat digunakan untuk beban.

Pemanfaatan energi listrik dari pembangkit ialah untuk warung kuliner, Penerangan Jalan Umum (PJU), kantor PLTH.

3.2. Data-data

Ada beberapa data yang akan ditampilkan dalam tulisan ini sebagai bahan untuk analisis dan bahasan.

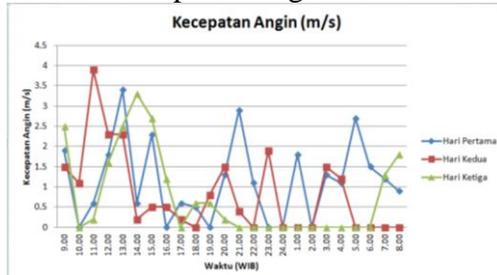
3.2.1. Data Keseluruhan Beban PLTH Bayu Baru

Tabel 3.1. Data beban terpasang PLTH Bayu Baru.

No	Jenis Beban	Daya Beban
1	Beban Kantor PLTH	1031 Watt
2	Beban Warung Kuliner	5278 Watt
3	Beban PJU	890 Watt
Jumlah beban total PLTH Bayu Baru		7199 Watt

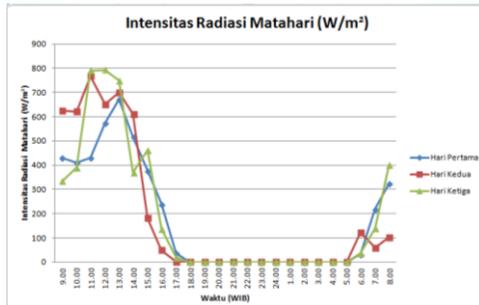
3.2.2. Data Kecepatan Angin dan Intensitas Radiasi Matahari

a. Data Kecepatan Angin



Gambar 3.1. Grafik kecepatan angin selama tiga hari pengamatan.

b. Data Intensitas Radiasi Matahari



Gambar 3.2. Grafik intensitas radiasi matahari selama tiga hari pengamatan.

3.3. Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) Bayu Baru

Pembangkit yang terpasang pada sistem PLTH tidak beroperasi seluruhnya, sehingga kapasitas maksimal sebesar 55 kW tidak dapat dicapai oleh sistem. Adapun kapasitas pembangkit yang dioperasikan pada saat penulis melakukan penelitian yaitu 37 kW atau sebesar 67.27 % dari kapasitas terpasang. Dengan penjelasan 4 unit turbin angin 1kW/240V grup barat dan 4 unit turbin angin 1kW/48V grup timur. Sedangkan untuk panel surya yaitu 150 unit modul PV dengan total 15kW/240V grup tengah bagian atas,

48 unit modul PV 10kW/48V grup tengah bagian bawah dan 40 unit modul PV 4kW/48V grup timur.

PLTH Bayu Baru menggunakan dua buah sistem penyimpanan energi listrik pada baterai, yaitu dengan menggunakan sistem 240 V dan 48 V. Sistem 240 V disuplai oleh 4 unit turbin angin 1kW/240V Grup Barat dan 150 unit panel surya 100W/12V dan disimpan pada baterai dengan kapasitas 100Ah/12V sejumlah 60 unit. Sedangkan untuk sistem 48 V disuplai oleh 4 unit turbin angin 1kW/48V, 40 unit panel surya 100W/48V dan 48 unit panel surya 220W/48V dan disimpan pada baterai dengan kapasitas 1000Ah/2V sejumlah 48 unit dan 120Ah/12V sejumlah 40 unit.

Tabel 3.2. Data teknis PLTH Bayu Baru.

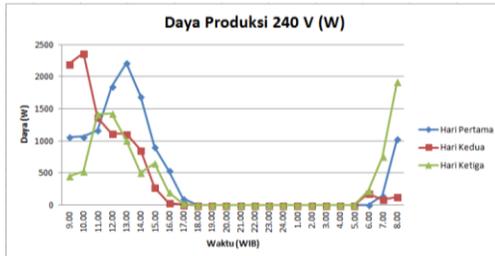
Jenis Pembangkit		Jumlah Unit	Jumlah Daya
Grup Timur	Sistem 48 V	Turbin Angin 1kW/48V (Tri.Angle)	4 Unit 4 kW
		Turbin Angin 1kW/48V (Lattice)	2 Unit 2 kW
Grup Timur	Sistem 48 V	Panel Surya 4kW/48V @100W/48 V	40 Unit 4 kW
Grup Barat	Sistem 240 V	Turbin Angin 1kW/240V (Lattice)	20 Unit 20 kW
		Panel Surya 15kW/240V @100W/12 V	150 Unit 15 kW
Grup Tengah	Sistem 48 V	Panel Surya 10kW/48V @220W/24 V	48 Unit 10 kW
Total Pembangkit PLTH Bayu Baru			55 kW

3.3.1. Hasil Pengukuran Kinerja PLTH Bayu Baru

Untuk dapat mengetahui lebih detail mengenai data yang dihasilkan

dari sistem 240 V maupun 48 V, maka penulis melakukan pengukuran secara *real time* pada kedua sistem tersebut. Berikut adalah hasil pengukuran yang dilakukan.

a. Sistem 240 V



Gambar 3.3. Grafik hasil pengukuran kinerja PLTH Bayu Baru sistem 240 V.

Tabel 3.3. Data rekapitulasi produksi sistem 240 V PLTH Bayu Baru.

Rekapitulasi Hasil Kinerja Sistem 240 V			
Hari	$P_{in} Max$ (W)	$P_{in} Rata-rata$ (W)	$P_{in} Total$ (W)
Pertama	2216.66	490.49	11771.85
Kedua	2367.232	405.79	9738.863
Ketiga	1920.864	379.04	9097.044

Dari hasil pengamatan selama tiga hari, daya produksi terbesar yang didapat dari sistem pembangkit 240 V adalah sebesar 11.7 kW dari total pembangkit terpasang yaitu sebesar 19 kW. Ini berarti pembangkit dapat menghasilkan daya sebesar 65 % dari keseluruhan kapasitas pembangkit.

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$P_{in} Max = V_{in} Max \cdot I_{in} Max$$

$$P_{in} Max = 8.09 \cdot 274.0$$

$$P_{in} Max = 2216.66 \text{ Watt}$$

$$P_{in} Rata - rata$$

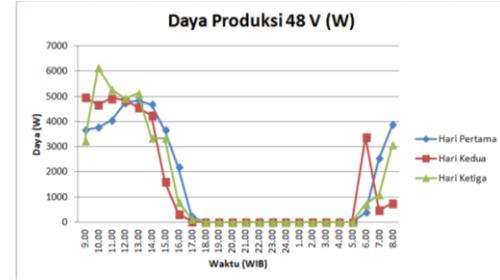
$$= \frac{P_{in1} + P_{in2} + \dots + P_{in24}}{24}$$

$$P_{in} Rata - rata = 490.49 \text{ Watt}$$

$$P_{in} Total = P_{in1} + P_{in2} + \dots + P_{in24}$$

$$P_{in} Total = 11771.85 \text{ Watt}$$

b. Sistem 48 V



Gambar 3.4. Grafik hasil pengukuran kinerja PLTH Bayu Baru sistem 48 V.

Tabel 3.4. Data rekapitulasi produksi sistem 48 V PLTH Bayu Baru.

Rekapitulasi Hasil Kinerja Sistem 48 V			
Hari	$P_{in} Max$ (W)	$P_{in} Rata-rata$ (W)	$P_{in} Total$ (W)
Pertama	4835.53	1605.98	38543.53
Kedua	4966.819	1450.41	34809.93
Ketiga	6137.782	1549.28	37182.66

Dari hasil pengamatan selama tiga hari, daya produksi terbesar yang didapat dari sistem pembangkit 48 V adalah sebesar 38 kW dari total pembangkit terpasang yaitu sebesar 18 kW. Ini berarti pembangkit dapat menghasilkan daya sebesar 214 % dari keseluruhan kapasitas pembangkit.

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$P_{in} Max = V_{in} Max \cdot (I_{in} G1 Max + I_{in} G2 Max + I_{in} G3 Max + I_{in} G4 Max)$$

$$P_{in} Max = 51.8 \cdot (24.51 + 27.07 + 25.51 + 16.26)$$

$$P_{in} Max = 51.8 \cdot 93.35$$

$$P_{in} Max = 4853.35 \text{ Watt}$$

$$P_{in} Rata - rata$$

$$= \frac{P_{in1} + P_{in2} + \dots + P_{in24}}{24}$$

$$P_{in} Rata - rata = 1605.98 \text{ Watt}$$

$$P_{in} Total = P_{in1} + P_{in2} + \dots + P_{in24}$$

$$P_{in} Total = 38543.53 \text{ Watt}$$

3.3.2. Perhitungan Daya Optimal dan Efisiensi PLTH Bayu Baru

3.3.2.1. Daya Optimal dan Efisiensi Sistem 240 V

Sistem 240 V ini mempunyai dua buah jenis pembangkit, yaitu *photovoltaic array* 100 W sejumlah 150 unit dan turbin angin 1 kW sejumlah 4 unit. Sehingga total kapasitas daya terpasang adalah 19 kW.

a. Photovoltaic Array

Photovoltaic array pada sistem 240 V mempunyai kapasitas produksi sebesar 15kW/240V dengan masing-masing PV 100W/12V. *Photovoltaic module* yang digunakan ialah eSol 100W. Jumlah *photovoltaic module* sistem ini yaitu 150 unit dengan susunan paralel 15 dan seri 10. Masing-masing besar daya maksimal yang dihasilkan *photovoltaic module* pada *Standar Test Condition* (STC) dengan intensitas radiasi matahari 1000 W/m² adalah sebesar 100 W.

Tabel 3.5. Data rekapitulasi daya optimal dan efisiensi *photovoltaic array* 15kW/240V.

Rekapitulasi Daya Optimal dan Efisiensi PV 15kW/240 V						
Hari	G _{max} (W/m ²)	G _{rata-rata} (W/m ²)	P _{max} (W)	P _{rata-rata} (W)	η _{max} (%)	η _{rata-rata} (%)
Pertama	671.5	355.61	6786.46	2438.62	2.80	1.24
Kedua	767.4	374.28	8863.29	3407.36	2.99	1.03
Ketiga	793	385.07	9464.5	3298.16	2.43	0.96

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$G_{rata-rata} = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_{12}}{12}$$

$$G_{rata-rata} = 355.61 \text{ W/m}^2$$

$$P_{max} \text{ PV array} = P_{max} \text{ modul} \cdot N_{pv}$$

$$P_{max} \text{ PV array} = 45.24 \cdot 150$$

$$P_{max} \text{ PV array} = 6786.46 \text{ Watt}$$

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_{12}}{12}$$

$$P_{rata-rata} = 2438.62 \text{ Watt}$$

$$\eta_{max} = \frac{P_{out}}{G \cdot A} \cdot 100 \%$$

$$\eta_{max} = \frac{2216.66}{1000 \cdot 79.06} \cdot 100 \%$$

$$\eta_{max} = 2.80 \%$$

$$\eta_{rata-rata} = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \dots + \eta_{12}}{12}$$

$$\eta_{rata-rata} = 1.24 \%$$

b. Turbin Angin

Turbin angin yang terpasang pada sistem 240 V ini ialah sejumlah 20 unit, akan tetapi turbin angin yang dioperasikan ada 4 unit dengan masing-masing kapasitas 1kW. Sehingga daya total terpasang ialah 4kW.

Tabel 3.6. Data rekapitulasi daya optimal dan efisiensi turbin angin 4kW/240V.

Rekapitulasi Daya Optimal dan Efisiensi Turbin Angin 240 V						
Hari	v _{max} (m/s)	v _{rata-rata} (m/s)	P _{max} (W)	P _{rata-rata} (W)	η _{max} (%)	η _{rata-rata} (%)
Pertama	3.4	1.15	396.26	53.66	0	0
Kedua	3.9	0.83	598.05	43.91	0	0
Ketiga	3.3	0.77	362.31	42.5	0	0

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$v_{rata-rata} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_{24}}{24}$$

$$v_{rata-rata} = 1.15 \text{ m/s}$$

$$P_{max} \text{ TA} = P_{max} \text{ TA} \cdot N_{TA}$$

$$P_{max} \text{ PV array} = 99.06 \cdot 4$$

$$P_{max} \text{ PV array} = 396.26 \text{ Watt}$$

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_{24}}{24}$$

$$P_{rata-rata} = 53.66 \text{ Watt}$$

$$\eta_{max} = \frac{P_{out}}{P_{angin}} \cdot 100 \%$$

$$\eta_{max} = \frac{0}{99.06} \cdot 100 \%$$

$$\eta_{max} = 0 \%$$

$$\eta_{rata-rata} = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \dots + \eta_{24}}{24}$$

$$\eta_{rata-rata} = 0 \%$$

3.3.2.2. Daya Optimal dan Efisiensi Sistem 48 V

Sistem 48 V mempunyai 4 grup pembangkit yang berasal dari *photovoltaic array* maupun turbin angin. Adapun pembagiannya yaitu grup I terdiri dari 16 unit *photovoltaic module* 220 W, grup II terdiri dari 16 unit *photovoltaic module* 220 W dan 4 unit turbin angin 1 kW, grup III terdiri dari 16 unit *photovoltaic module* 220 W dan grup IV terdiri dari 40 unit *photovoltaic module* 100W. Sehingga kapasitas total daya terpasang pada sistem 48 V adalah 18 kW.

a. Photovoltaic Array

Sistem 48 V ini menggunakan 4 grup pembangkit *photovoltaic*, 3 grup menggunakan *photovoltaic module* SkytechS lar SIP-220W masing masing disusun paralel 8 dan serial 2. Masing-masing besar daya maksimal yang dihasilkan *photovoltaic module* pada *Standar Test Condition* (STC) dengan intensitas radiasi matahari 1000 W/m² adalah sebesar 220 W. 1 grup lainnya menggunakan *photovoltaic module* SYK-100W M dan SY-100P masing-masing disusun paralel 10 dan serial 2. Masing-masing besar daya maskimal yang dihasilkan *photovoltaic module* pada *Standar Test*

Condition (STC) dengan intensitas radiasi matahari 1000 W/m² adalah sebesar 100 W.

Tabel 3.7. Data rekapitulasi daya optimal dan efisiensi *photovoltaic array* 10kW/48V dan 4kW/48V.

Rekapitulasi Daya Optimal dan Efisiensi PV 10kW/48 V						
Hari	Grup I					
	G _{max} (W/m ²)	G _{rata-rata} (W/m ²)	P _{max} (W)	P _{rata-rata} (W)	η _{max} (%)	η _{rata-rata} (%)
Pertama	671.5	355.61	5118.16	1839.14	4.71	2.80
Kedua	767.4	374.28	6684.45	2569.74	4.5	2.40
Ketiga	793	385.07	7137.87	2487.38	5.82	2.82

Rekapitulasi Daya Optimal dan Efisiensi PV 10kW/48 V						
Hari	Grup II					
	G _{max} (W/m ²)	G _{rata-rata} (W/m ²)	P _{max} (W)	P _{rata-rata} (W)	η _{max} (%)	η _{rata-rata} (%)
Pertama	671.5	355.61	5118.16	1839.14	4.83	3.23
Kedua	767.4	374.28	6684.45	2569.74	5.01	2.66
Ketiga	793	385.07	7137.87	2487.38	6.12	3.12

Rekapitulasi Daya Optimal dan Efisiensi PV 10kW/48 V						
Hari	Grup III					
	G _{max} (W/m ²)	G _{rata-rata} (W/m ²)	P _{max} (W)	P _{rata-rata} (W)	η _{max} (%)	η _{rata-rata} (%)
Pertama	671.5	355.61	5118.16	1839.14	4.86	3.12
Kedua	767.4	374.28	6684.45	2569.74	5.09	2.68
Ketiga	793	385.07	7137.87	2487.38	6.07	3.06

Rekapitulasi Daya Optimal dan Efisiensi PV 4kW/48 V						
Hari	Grup IV					
	G _{max} (W/m ²)	G _{rata-rata} (W/m ²)	P _{max} (W)	P _{rata-rata} (W)	η _{max} (%)	η _{rata-rata} (%)
Pertama	671.5	355.61	1807.36	649.45	2.98	1.92
Kedua	767.4	374.28	2360.46	907.44	2.95	1.56
Ketiga	793	385.07	2520.58	878.36	3.16	1.78

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$G_{rata-rata} = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_{12}}{12}$$

$$G_{rata-rata} = 355.61 \text{ W/m}^2$$

$$P_{max} \text{ PV array} = P_{max} \text{ modul} \cdot N_{pv}$$

$$P_{max} \text{ PV array} = 106.63.48$$

$$P_{max} \text{ PV array} = 5118.16 \text{ Watt}$$

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_{12}}{12}$$

$$P_{rata-rata} = 1839.14 \text{ Watt}$$

$$\eta_{max} = \frac{P_{out}}{G \cdot A} \cdot 100 \%$$

$$\eta_{max} = \frac{1367.45}{1000 \cdot 29.0124} \cdot 100 \%$$

$$\eta_{max} = 4.71 \%$$

$$\eta_{rata-rata} = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \dots + \eta_{12}}{12}$$

$$\eta_{rata-rata} = 2.80 \%$$

b. Turbin Angin

Turbin angin yang terpasang pada sistem 48 V ini ialah sejumlah 6 unit, akan tetapi turbin angin yang dioperasikan ada 4 unit dengan masing-masing kapasitas 1kW. Sehingga daya total terpasang ialah 4kW.

Tabel 3.8. Data rekapitulasi daya optimal dan efisiensi turbin angin 4kW/48V.

Rekapitulasi Daya Optimal dan Efisiensi Turbin Angin 48 V						
Hari	v _{max} (m/s)	v _{rata-rata} (m/s)	P _{max} (W)	P _{rata-rata} (W)	η _{max} (%)	η _{rata-rata} (%)
Pertama	3.4	1.15	396.26	53.66	0	0
Kedua	3.9	0.83	598.05	43.91	0	0
Ketiga	3.3	0.77	362.31	42.5	0	0

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$v_{rata-rata} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_{24}}{24}$$

$$v_{rata-rata} = 1.15 \text{ m/s}$$

$$P_{max} TA = P_{max} TA \cdot N_{TA}$$

$$P_{max} PV \text{ array} = 99.06 \cdot 4$$

$$P_{max} PV \text{ array} = 396.26 \text{ Watt}$$

$$P_{rata-rata} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_{24}}{24}$$

$$P_{rata-rata} = 53.66 \text{ Watt}$$

$$\eta_{max} = \frac{P_{out}}{P_{angin}} \cdot 100 \%$$

$$\eta_{max} = \frac{0}{99.06} \cdot 100 \%$$

$$\eta_{max} = 0 \%$$

$$\eta_{rata-rata} = \frac{\eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \dots + \eta_{24}}{24}$$

$$\eta_{rata-rata} = 0 \%$$

3.4. Konsumsi Beban PLTH Bayu Baru

Beban yang mengkonsumsi listrik hasil produksi pembangkit

PLTH Bayu Baru adalah : Warung Kuliner Grup Barat, Warung Kuliner Grup Tengah, Warung Kuliner Grup Timur, Kantor PLTH dan Penerangan Jalan Umum. Beban listrik yang mengkonsumsi beban listrik ini disuplai oleh dua sistem penyimpanan yang berbeda. Sistem 240 V mensuplai listrik untuk konsumsi beban penerangan jalan umum. Sedangkan sistem 48 V mensuplai listrik untuk konsumsi beban warung kuliner barat, warung kuliner tengah, warung kuliner timur dan kantor PLTH.

a. Sistem 240 V

Sistem penyimpanan 240 V ini digunakan untuk mensuplai beban listrik penerangan jalan umum. Penerangan jalan umum tidak mengkonsumsi listrik selama 24 jam terus-menerus. Akan tetapi diaktifkan pada hari mulai gelap antara pukul 17.00 WIB atau 18.00 WIB sampai dengan pukul 5.00 WIB atau 7.00 WIB.

Tabel 3.9. Rekapitulasi konsumsi beban 240 V.

Rekapitulasi Konsumsi Beban Sistem 240 V			
Hari	P _{konsumsi Max} (W)	P _{konsumsi Rata-rata} (W)	P _{konsumsi Total} (W)
Pertama	831.78	383.97	9215.32
Kedua	725.4	320.55	7693.095
Ketiga	856.408	275.15	6603.716

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$P_{konsumsi} Max$$

$$= I_{out} Max \cdot V_{out} Max$$

$$P_{konsumsi} Max = 3.46 \cdot 240.4$$

$$P_{konsumsi} Max = 831.076 \text{ Watt}$$

$$P_{konsumsi} Rata - rata$$

$$= \frac{P_{konsumsi1} + P_{konsumsi2} + P_{konsumsi3} + \dots + P_{konsumsi24}}{24}$$

$$P_{rata-rata} = 383.97 \text{ Watt}$$

$$P_{konsumsi}^{Total} = P_{konsumsi1} + P_{konsumsi2} + P_{konsumsi3} + \dots + P_{konsumsi24}$$

$$P_{konsumsi}^{Total} = 9215.32 \text{ Watt}$$

b. Sistem 48 V

Sistem penyimpanan 48 V ini digunakan untuk mensuplai kebutuhan energi listrik dari 4 kelompok beban, yaitu warung kuliner grup barat, warung kuliner grup tengah, warung kuliner grup timur dan kantor PLTH. Beban listrik pada sistem ini digunakan selama 24 jam atau selama warung kuliner beroperasi.

Tabel 3.10. Rekapitulasi konsumsi beban 48 V.

Rekapitulasi Konsumsi Beban Sistem 48 V			
Hari	P _{konsumsi} Max (W)	P _{konsumsi} Rata-rata (W)	P _{konsumsi} Total (W)
Pertama	2479.4	1225.86	29420.6
Kedua	1850.2	1083.41	26001.8
Ketiga	2488.2	1102.11	26450.6

Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

$$P_{konsumsi}^{Max} = P_{out}G1 + P_{out}G2 + P_{out}G3 + P_{out}G4$$

$$P_{konsumsi}^{Max} = 695.2 + 591.8 + 737 + 455.4$$

$$P_{konsumsi}^{Max} = 2479.4 \text{ Watt}$$

$$P_{konsumsi}^{Rata-rata} = \frac{P_{konsumsi1} + P_{konsumsi2} + P_{konsumsi3} + \dots + P_{konsumsi24}}{24}$$

$$P_{rata-rata} = 1225.86 \text{ Watt}$$

$$P_{konsumsi}^{Total} = P_{konsumsi1} + P_{konsumsi2} + P_{konsumsi3} + \dots + P_{konsumsi24}$$

$$P_{konsumsi}^{Total} = 29420.6 \text{ Watt}$$

3.5. Perbandingan Produksi dan Konsumsi Energi Listrik PLTH Bayu Baru

Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat efisiensi dari

pembangkit dalam mensuplai kebutuhan listrik dari konsumen atau beban. Selain itu, perbandingan ini juga digunakan sebagai bahan untuk menganalisis keoptimalan pembangkit dalam memproduksi listrik selama 24 jam yang seharusnya dapat mensuplai seluruh kebutuhan konsumsi listrik selama 24 jam.

a. Sistem 240 V

Tabel 3.11. Perbandingan produksi dan konsumsi beban 240 V.

Perbandingan Produksi dan Konsumsi Sistem 240 V						
Hari	Produksi _{out} (W)	Konsumsi _{in} (W)	Produksi _{out} (W)	Konsumsi _{in} (W)	Produksi _{in} (W)	Konsumsi _{out} (W)
Pertama	2216.66	831.78	490.49	383.97	11771.85	9215.32
Kedua	2367.232	725.4	405.79	320.55	9738.863	7693.095
Ketiga	1920.864	856.408	379.04	275.15	9097.044	6603.716

b. Sistem 48 V

Tabel 3.12. Perbandingan produksi dan konsumsi beban 48 V.

Perbandingan Produksi dan Konsumsi Sistem 48 V						
Hari	Produksi _{out} (W)	Konsumsi _{in} (W)	Produksi _{out} (W)	Konsumsi _{in} (W)	Produksi _{in} (W)	Konsumsi _{out} (W)
Pertama	4835.53	2479.4	1605.98	1225.86	38543.53	29420.6
Kedua	4966.819	1850.2	1450.41	1083.41	34809.93	26001.8
Ketiga	6137.782	2488.2	1549.28	1102.11	37182.66	26450.6

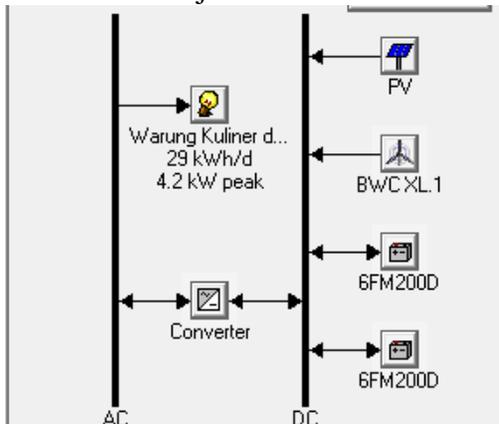
3.6. Optimalisasi Sistem PLTH Bayu Baru Menggunakan Software HOMER

Untuk mengetahui kinerja optimal dari PLTH Bayu Baru ini, penulis menggunakan pemodelan dan simulasi sistem dengan menggunakan software HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*). HOMER akan mensimulasikan konfigurasi sistem, membuat daftar sistem yang layak, dengan mengurutkan daftar berdasarkan efektifitas biaya sekarang (NPC), selain itu HOMER juga menghitung nilai sisa (*salvage value*) pada komponen sistem hingga akhir *life time project*.

3.6.1. Konfigurasi PLTH Bayu Baru dengan Beban Warung Kuliner Barat, Tengah, Timur dan Kantor PLTH

Dalam konfigurasi ini terdiri dari 4 grup pembangkit dengan pembagian sebagai berikut :

- Grup I *photovoltaic array* 10kW/48V sejumlah 16 unit *module*
- Grup II *photovoltaic array* 10 kW/48V sejumlah 16 unit *module* dan turbin angin 1kW/240V 4 unit dengan total 4kW/48V
- Grup III *photovoltaic array* 10kW/48V sejumlah 16 unit *module*
- Grup IV *photovoltaic array* 4kW/48V sejumlah 40 unit *module*.



Gambar 3.5. Konfigurasi sistem 48 V dengan beban warung kuliner barat, tengah, timur dan kantor PLTH.

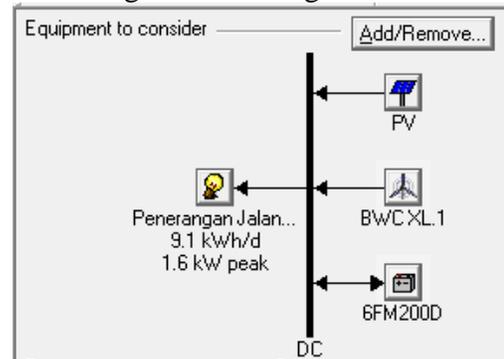
Tabel 3.16. Produksi energi listrik dari *photovoltaic array* dan turbin angin.

Variabel	PLTS	PLTB
Kapasitas (kW)	14	4
Keluaran Rata-rata (kW)	3.1	0.29
Keluaran Maksimal (kW)	17.0	4.92
Faktor Kapasitas (%)	17.0	7.23
Total Produksi (kWh/tahun)	26.838	2.533
Lama Operasi (Jam/tahun)	4.410	4.767

(Jam/tahun)		
Levelize Cost (\$/kWh)	0.00238	0.254

3.6.2. Konfigurasi PLTH Bayu Baru dengan Beban Penerangan Jalan Umum

Dalam konfigurasi ini terdiri dari dua pembangkit yang kemudian dijadikan menjadi satu sistem yaitu sistem 240 V. Adapun pembangkitnya yaitu, 150 unit *photovoltaic array* 100 W dengan total 15 kW dan 4 unit turbin angin 1 kW dengan total 4 kW.



Gambar 3.9. Konfigurasi sistem 240 V dengan beban penerangan jalan umum.

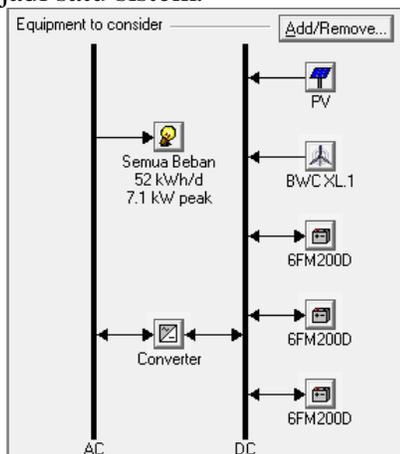
Tabel 3.18. Produksi energi listrik dari *photovoltaic array* dan turbin angin.

Variabel	PLTS	PLTB
Kapasitas (kW)	15	4
Keluaran Rata-rata (kW)	2.6	0.29
Keluaran Maksimal (kW)	14.2	4.92
Faktor Kapasitas (%)	17.1	7.23
Total Produksi (kWh/tahun)	22.534	2.532
Lama Operasi (Jam/tahun)	4.410	4.766

Levelize Cost (\$/kWh)	0.00284	0.254
------------------------	---------	-------

3.6.3. Rekonfigurasi dan Optimalisasi PLTH Bayu Baru

Rekonfigurasi ini merupakan konfigurasi dari seluruh pembangkit PLTH Bayu Baru, yaitu PLTS dan PLTB. Sehingga dari simulasi ini akan dapat diketahui besar energi yang dibangkitkan oleh keseluruhan pembangkit dari kedua sistem. Selain itu dapat dihitung keseluruhan biaya pada sistem tersebut. Berikut ini adalah diagram dari keseluruhan sistem PLTH Bayu Baru dengan beban dan komponen pembangkit dijadikan menjadi satu sistem.



Gambar 3.13. Konfigurasi sistem PLTH Bayu Baru dengan keseluruhan beban.

Tabel 3.20. Produksi energi listrik total pembangkit PLTH Bayu Baru.

Variabel	PLTS	PLTB
Kapasitas (kW)	29	8
Keluaran Rata-rata (kW)	4.9	0.72
Keluaran Maksimal (kW)	27.4	9.86
Faktor Kapasitas (%)	16.7	8.99

Total Produksi (kWh/tahun)	42.498	6.302
Lama Operasi (Jam/tahun)	4.410	5.151
Levelize Cost (\$/kWh)	0.00150	0.102

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

1. Beban terpasang yang energi listriknya disuplai oleh pembangkit dari PLTH Bayu Baru adalah sebesar 7199 Watt.
2. Kinerja sistem 240 V berdasarkan pengukuran langsung dilapangan dan perhitungan mendapatkan hasil bahwa produksi tertinggi yang dihasilkan yaitu 11.7 kW atau 65% dari total yang pembangkit terpasang yaitu 19 kW.
3. Kinerja sistem 48 V berdasarkan pengukuran langsung dilapangan dan perhitungan mendapatkan hasil bahwa produksi tertinggi yang dihasilkan yaitu 38 kW atau 214% dari total pembangkit terpasang yaitu 18 kW. Dikarenakan beban selalu aktif ketika pembangkit mengisi baterai, sehingga ketika baterai sudah terisi penuh akan langsung disuplai ke beban. Dalam keadaan baterai yang sedang mensuplai beban, pada saat itu juga pembangkit memproduksi listrik. Jadi selalu ada energi listrik yang masuk dan keluar secara bersamaan.
4. Konsumsi beban 240 V yang tertinggi yaitu 9.2 kW, konsumsi beban 48 V yang tertinggi yaitu 29.4 kW.

5. Dari hasil simulasi HOMER didapatkan bahwa produksi listrik maksimal dari pembangkit sistem 48 V adalah 29.371 kWh/tahun, dari pembangkit sistem 240 V adalah 25.067 kWh/tahun.
6. Dengan kapasitas yang beroperasi dengan total 37 kW, potensi intensitas radiasi matahari dan kecepatan angin yang ada, energi listrik maksimal yang dapat dihasilkan melalui simulasi dengan menggunakan *software* HOMER adalah sebesar 48.8 kWh/tahun.

4.2. Saran

Berikut adalah saran dari penulis untuk beberapa komponen penting yang ada di PLTH Bayu Baru agar lebih baik lagi kedepannya.

1. Demi kelancaran dalam produksi listrik dan distribusi listrik maka ada beberapa komponen yang sudah saatnya diganti agar kinerja PLTH Bayu Baru dapat meningkat. Komponen itu meliputi penggantian baterai, penambahan inverter kapasitas yang lebih besar, penambahan MPPT untuk memaksimalkan produksi PV.
2. Untuk mengoptimalkan kerja sistem PLTH Bayu Baru, maka pembangkit dioperasikan secara maksimal sesuai dengan kapasitas terpasang. Hal ini tentu diiringi dengan penambahan inverter yang berkapasitas lebih besar dan penambahan baterai dengan kapasitas yang lebih besar pula.

Daftar Pustaka

1. Peraturan Presiden Republik Indonesia tentang Kebijakan Energi Nasional, 2006. Jakarta : Deputi Sekretaris Kabinet Bidang Hukum.
2. <https://janaloka.com/5-faktor-yang-mempengaruhi-kinerja-solar-panel/>
3. <http://solarsuryaindonesia.com/info/solar-controller>
4. <https://janaloka.com/pengertian-dan-cara-kerja-plts/>
5. Damastuti, Anya P. 1997. Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Surakarta : Wacana.
6. Santhiarsa, I Gusti Ngurah Nitya, I Gusti Bagus Wijaya Kusuma. 2005. Kajian Energi Surya Untuk Pembangkit Tenaga Listrik, Bali : Jurnal Teknologi Elektro.
7. <http://www.thesolarguide.com/wind-power/turbine-types.aspx>
8. Nugroho, Dedy, Syarifuddin Mahmudsyah, Heri Suryoatmojo. 2011. Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dan Diesel Generator Menggunakan Software HOMER. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
9. Pradityo, Johar. 2015. Evaluasi dan Optimasi Sistem *Off-Grid* Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* (PLTH) Bayu Baru, Bantul, D.I. Yogyakarta. Semarang : Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro.
10. Habibi, Muhammad. 2013. Analisis Perbandingan Ekonomis dan Elektris pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan HOMER di PLTH Bantul Yogyakarta. Jember : Skripsi Teknik Elektro Universitas Jember.

11. Usman, Mukhamad Khumaidi, Samsul Kamal, Ahmad Agus Setiawan. 2014. Reevaluasi Keluaran Daya dan Optimalisasi Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* di Kawasan Pantai Baru Pandansimo. Yogyakarta : *Journal of Systems Engineering*.
12. Nurman, Riandi. 2017. Analisis Sistem Pembangkit Energi Listrik 240 V di PLTH Pandansimo Yogyakarta dan Simulasi Menggunakan Software HOMER. Yogyakarta : Skripsi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
13. <https://www.homerenergy.com/>

Biodata Penulis

Yoga Nova Diansyah, lahir di Sri Mulyo pada Tanggal 5 November 1995. Pendidikan S1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta pada tahun 2013.