

Analysis Potential of Solar and Wind as Power Plant in Bontang Kuala Using Software Homer

Analisis Potensi Energi Matahari dan Angin Sebagai Pembangkit Listrik Di Bontang Kuala Menggunakan Software Homer

Bima Sakti¹, Aji Ery Burhandenny², Restu Mukti Utomo³, Happy Nugroho⁴, Adi Pandu Wirawan⁵

^{1,2,3,4,5}Departement of Electrical Engineering, Mulawarman University, Indonesia

¹sakti27bima@gmail.com

²a.burhandenny@ft.unmul.ac.id

³restuutomo@ft.unmul.ac.id

⁴happynugroho29@gmail.com

⁵adipandu@ft.unmul.ac.id

Abstract _ The increasing need for electrical energy is becoming a problem due to limited fossil energy, so it is necessary to know locations that have the potential to generate electricity from renewable energy. This study simulates and analyzes the potential of solar and wind energy in Bontang Kuala as a power plant using Homer software. Load planning uses a peak load of 38,44 kW and usage of 471,56 kWh/day from the results of a survey conducted at one of the RTs in Bontang Kuala. The simulation produces three optimal configurations of three types of generators, namely Solar Cell, Hybrid Power Plant and Wind Power Plant. The most optimal configuration is the Solar Cell system with the smallest NPC value of Rp3,6 B and this system has a solar panel capacity of 142 kW, a battery capacity of 461 kWh and an inverter capacity of 50 kW.

Keywords: Simulation; Bontang Kuala; Software Homer; PLTS.

Abstrak _ Kebutuhan energi listrik semakin meningkat menjadi masalah karena keterbatasan energi fosil sehingga perlu diketahui lokasi yang berpotensi sebagai pembangkit listrik dari energi terbarukan. Penelitian ini melakukan simulasi dan analisis potensi energi matahari dan angin di Bontang Kuala sebagai pembangkit listrik menggunakan software homer. Perencanaan beban menggunakan beban puncak 38,44 kW dan pemakaian 471,56 kWh/hari dari hasil survei yang dilakukan ke salah satu Rukun Tetangga di Bontang Kuala. Simulasi menghasilkan tiga konfigurasi optimal dari tiga tipe pembangkit yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu. Konfigurasi yang paling optimal adalah sistem PLTS dengan nilai NPC terkecil Rp3,6 M dan sistem ini memiliki kapasitas panel surya 142 kW, kapasitas baterai 461 kWh dan kapasitas inverter 50 kW.

Kata Kunci: Simulasi; Bontang Kuala; Software Homer; PLTS.

I. PENDAHULUAN

Seperti yang kita ketahui bahwa sedikitnya ketersediaan sumber daya minyak bumi, gas alam dan batu bara terancam habis apabila digunakan secara terus menerus atau berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk disertai permintaan kebutuhan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan beban rumah yang terus meningkat. Ketergantungan akan energi fosil yang semakin menipis cadangannya akan membuat Indonesia terjebak dalam krisis energi. Antisipasi terhadap krisis energi bisa diatasi yaitu dengan terus melakukan pemanfaatan terhadap Energi Baru Terbarukan untuk menghindari berbagai dampak negatif dari penggunaan energi fosil.

Berdasarkan letak geografis Provinsi Kalimantan Timur tepatnya di daerah Bontang Kuala yang dilalui oleh khatulistiwa sehingga memiliki energi matahari yang dapat dimanfaatkan karena banyaknya sinar matahari yang diterima sepanjang tahun. Selain itu letak Bontang Kuala yang berada di atas laut sehingga energi angin laut dapat dimanfaatkan karena tingginya perbedaan suhu udara yang berada di laut.

Bontang Kuala merupakan salah satu Kelurahan di Kecamatan Bontang Utara, Kota Bontang, Provinsi Kalimantan Timur, Indonesia. Bontang Kuala memiliki luas wilayah sebesar 894 ha dan berjumlah 20 Rukun Tetangga (RT). Masyarakat di daerah ini berjumlah 6.910 orang dengan tingkat kepadatan penduduk sebesar 773 per km² [5].

Sebelum dilakukan perancangan pembangkit, perlu diketahui potensi energi dan skema konfigurasi paling efisien pada lokasi tersebut sesuai dengan besarnya energi matahari dan angin sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Pembangkit Listrik Tenaga Bayu atau Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid dari sisi kelistrikan maupun sisi ekonomi yang dihasilkan. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu dengan simulasi menggunakan Software Homer.

HOMER (*Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources*) adalah aplikasi perangkat lunak gratis yang dikembangkan oleh National Renewable Energy Laboratory di Amerika Serikat. Hal ini memungkinkan untuk mempertimbangkan sejumlah besar pilihan teknologi untuk memperhitungkan ketersediaan sumber daya energi dan variabel lainnya [8].

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui potensi pembangkit menggunakan software Homer dengan perancangan yang berbeda. Penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan adalah penelitian simulasi memanfaatkan energi matahari dan angin sebagai pembangkit untuk diterapkan pada Fakultas Teknologi Industri dengan kebutuhan beban

puncak 22,9 kW [6]. Penelitian selanjutnya yaitu memanfaatkan energi matahari dan angin sebagai pembangkit di Pantai Samas Bantul Yogyakarta dengan menggunakan kebutuhan beban puncak yang lebih besar yaitu sebesar 32,87 kW (Aditya Aldi Guntur Pamungkas, 2021). Penelitian selanjutnya menganalisis potensi pembangkit Hibrida pada pesisir Pantai Labu untuk menyuplai beban puncak sebesar 18,44 kW [7]. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan tersebut, perencanaan kebutuhan bebannya tidak diambil dari hasil survey kebutuhan daya per jam seperti yang dibutuhkan pada simulasi, tetapi diambil dari perkiraan perhitungan daya yang dapat dihasilkan dan berdasarkan data yang didapatkan dari PLN.

Penelitian ini melakukan simulasi analisis potensi energi matahari dan angin untuk mengetahui konfigurasi yang tepat diterapkan pada lokasi penelitian dengan perencanaan beban yang diperoleh sesuai perkiraan kebutuhan karena didapatkan dari hasil survei langsung ke pelanggan. Selain itu bagian perancangan akan lebih diperjelas dengan mengatur bagian *constraints* sistem simulasi. Maka hasil simulasi yang ditampilkan berdasarkan kemampuan energi untuk menyuplai kebutuhan beban dengan pola pemakaian per jam seperti pada perancangan.

II. METODE PENELITIAN

Secara umum, penelitian ini termasuk menggunakan metode campuran antara kualitatif dan kuantitatif. Kualitatif terkait kualitas kemampuan sumber energi matahari dan angin untuk menyuplai kebutuhan beban, sedangkan kualitatif terkait besarnya kapasitas yang dibutuhkan pembangkit untuk melayani beban.

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu buah laptop sebagai perangkat keras yang merancang dan menjalankan simulasi pembangkit. Laptop yang digunakan yaitu ACER 2GB RAM Version 21H2 Windows 10 Pro. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Software Homer Energy versi 13.4.2 tahun 2017.

2.2 Pengumpulan Data

Jenis data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data sekunder dan data primer. Data sekunder yang diperlukan adalah data kecepatan angin dan iradiasi matahari dalam kurun waktu 20 tahun terakhir, sedangkan data primer yang dibutuhkan adalah data perkiraan pemakaian listrik di RT 02 Bontang Kuala.

2.2.1 Data kecepatan angin

Data kecepatan angin diambil dari database *Badan Antariksa Amerika Serikat NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources* dengan koordinat lokasi di Bontang Kuala. Berikut ini adalah tabel -rata kecepatan angin di Bontang Kuala dengan koordinat lokasi *latitude* = 0.1394, *longitude* = 117.5194.

[Table 1 about here.]

2.2.2 Data iradiasi matahari

Data iradiasi matahari diambil dari database *Badan Antariksa Amerika Serikat NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources* dengan koordinat lokasi di Bontang Kuala. Jenis panel surya yang digunakan adalah panel surya flat atau datar, Homer akan menentukan daya output dari panel surya menggunakan data iradiasi matahari *Global Horizontal Irradiance* (GHI) [8]. Berikut ini tabel rata-rata iradiasi matahari Bontang Kuala yang didapatkan dengan koordinat lokasi *latitude* = 0.1394, *longitude* = 117.5194.

[Table 2 about here.]

2.2.3 Data kebutuhan beban

Perencanaan perkiraan kapasitas beban untuk simulasi PLTH surya dan bayu menggunakan 1 Rukun Tetangga yaitu pada RT 02. Berdasarkan data yang diperoleh dari Kelurahan Bontang Kuala, RT 02 berjumlah 40 rumah. Perkiraan pemakaian listrik di RT 02 didapatkan dari hasil survei yang telah dilakukan. Kegiatan survei dilakukan terhadap setengah dari total jumlah rumah yaitu sebanyak 20 rumah sehingga setengah jumlah rumah yang belum terdata diasumsikan memiliki pemakaian listrik sama dengan yang sudah terdata melalui survei. Berdasarkan hasil survey tersebut maka dapat direkap daya semua rumah yang telah didata untuk mengetahui daya pemakaian listrik per jam selama satu hari, berikut ini tabel hasil rekapitulasi daya pemakaian per jam.

[Table 3 about here.]

Pada perencanaan beban di simulasi tidak menggunakan total pemakaian keseluruhan rumah, melainkan menggunakan beban tertinggi yang tercatat setiap jam dengan tujuan supaya dapat mengantisipasi kemungkinan yang terjadi apabila semua rumah menggunakan daya yang tinggi setiap jam. Berikut tabel hasil rekapitulasi beban yang akan dimasukkan ke dalam simulasi untuk pemakaian 40 rumah.

[Table 4 about here.]

Besarnya beban setiap jam merupakan beban yang harus disuplai oleh sistem berdasarkan pencarian Homer untuk mendapatkan konfigurasi paling optimal supaya beban perencanaan dapat terlayani listrik.

Beban per jam yang sudah didapatkan kemudian dimasukkan ke dalam simulasi sehingga tampilan beban seperti pada gambar berikut.

[Figure 1 about here.]

2.3 Komponen

Pemilihan komponen yang digunakan untuk sistem simulasi berdasarkan kebutuhan beban yang harus disuplai dan kemampuan sumber energi di lokasi. Biaya pemeliharaan untuk komponen sistem tenaga surya diasumsikan sebesar 1% dari harga awal atau harga pembelian komponen [4]. Sedangkan komponen turbin angin diasumsikan memiliki biaya perawatan yang lebih tinggi, yaitu sebesar 5% dari harga pembelian komponen turbin angin [3].

2.3.1 Inverter

Berdasarkan perkiraan beban sebelumnya didapatkan beban puncak berada diantara pukul 20:00 sampai dengan pukul 22:00 yaitu sebesar 38,44 kW. Berikut ini perhitungan kapasitas inverter yang dibutuhkan [9].

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas inverter (W)} &= W_{\text{maks}} + (25\% \times W_{\text{maks}}) \\ &= 38.440 \text{ W} + (25\% \times 38.440 \text{ W}) \\ &= 48.050 \text{ W} \end{aligned}$$

Daya dibulatkan menjadi 50.000 W atau 50 kW, maka kapasitas inverter yang akan digunakan menyesuaikan dengan yang tersedia sehingga menggunakan Inverter Sinexel PWG 50. Komponen inverter memiliki harga sebesar Rp169.813.350,00 dengan biaya pergantian sebesar Rp169.813.350,00 ketika sudah mencapai masa hidup (*lifetime*) selama masa operasi 10 tahun. biaya operasional dan pemeliharaan inverter sebesar Rp1.698.133.50 per tahun.

2.3.2 Panel Surya

Pada simulasi ini akan menggunakan panel surya jenis polycrystalline. Panel surya yang digunakan adalah Panel Surya Canadian Solar CS6X 330P. Komponen panel surya memiliki harga sebesar Rp2.520.000,00 dan biaya pergantian sebesar Rp2.520.000,00. Biaya pemeliharaan diasumsikan sebesar 1% dari harga investasi atau pembelian komponen maka biaya pemeliharaan sebesar Rp25.200,00. Kerugian sistem panel surya diasumsikan sebesar 18% [10]. Maka parameter *derating factor* dimasukkan ke dalam simulasi adalah 82% (100% - 18%). Berikut perhitungan hubungan seri dan paralel panel surya [2].

$$\begin{aligned} \text{Maksimal panel surya seri} &= \frac{V_{\text{maks inverter}}}{V_{\text{mp panel surya}}} \\ &= \frac{800}{37,2} = 21,50 \text{ panel surya} \\ \text{Maksimal panel surya paralel} &= \frac{I_{\text{maks inverter}}}{I_{\text{mp panel surya}}} \end{aligned}$$

$$= \frac{192}{8,88} = 21,62 \text{ panel surya}$$

Maksimal sebanyak 21 panel surya yang dihubung seri dan maksimal 21 panel surya yang dihubung paralel., sehingga total maksimal panel surya yang diperlukan oleh inverter adalah sebanyak 441 panel surya atau sama dengan 145 kW.

2.3.3 Turbin Angin

Turbin angin yang dipilih adalah jenis turbin angin yang dapat beroperasi dengan kecepatan rendah di bawah kecepatan angin rata-rata terkecil di lokasi penelitian. Maka turbin angin yang digunakan adalah turbin angin AWS HC 5.1 kW. Komponen turbin angin memiliki harga Rp333.366.300,00 dan biaya pergantian Rp333.366.300,00. Biaya pemeliharaan diasumsikan sebesar 5% dari harga investasi atau pembelian komponen, maka biaya pemeliharaan sebesar Rp16.668.315,00.

2.3.4 Baterai

Baterai yang akan digunakan adalah baterai *deep-cycle* jenis lithium ion 12,8 V 100 Ah. Komponen baterai memiliki harga Rp2.441.556,00, biaya pergantian sebesar Rp2.441.556,00 dan biaya pemeliharaan sebesar Rp24.415,56. Berikut menentukan kebutuhan baterai untuk digunakan sebagai batasan simulasi [9].

Kebutuhan baterai

$$= \text{Total kebutuhan energi harian (Wh)} \times \text{Hari otonomi}$$

$$= 471.560 \text{ Wh} \times 2 = 943.120 \text{ Wh}$$

Menentukan jumlah maksimal seri dan maksimal paralel baterai :

$$\text{Maksimal Seri Baterai} = \frac{\text{Tegangan kerja sistem}}{\text{Tegangan kerja baterai}}$$

$$= \frac{520 \text{ V}}{12,8 \text{ V}}$$

$$= 40,62 = 40 \text{ baterai seri}$$

Maksimal Paralel Baterai

$$= \frac{\text{Kebutuhan energi dari baterai}}{\text{Tegangan kerja sistem} \times \text{Ah baterai} \times \text{DoD}}$$

$$= \frac{943.120 \text{ Wh}}{520 \text{ V} \times 100 \text{ A} \times 90\%} = 20,15 = 20 \text{ baterai paralel}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diketahui bahwa sistem baterai memiliki maksimal 40 baterai dihubung seri dan maksimal 20 baterai dihubung paralel. Sedangkan berdasarkan perhitungan kebutuhan baterai yaitu sebesar 943,12 kWh sehingga dibutuhkan 737 baterai dengan kapasitas 1,28 kWh. Oleh karena itu, *search space* baterai akan diatur maksimal 737 baterai.

2.4 Constraints

Menu *constraints* untuk mengubah sistem batasan yang merupakan kondisi yang harus dipenuhi oleh sistem. Homer membuang sistem yang tidak memenuhi batasan yang ditentukan, maka tidak akan muncul dalam hasil pengoptimalan. Berikut nilai Constraints padaperancangan simulasi

- a. *Max annual capacity shortage* = 0,14%
- b. *Minimum renewable fraction* = 0
- c. *Load in current time step* = 20%
- d. *Annual peak load* = 0
- e. *Solar power output* = 50%
- f. *Wind power output* = 50%

2.5 Economics

Menu *economics* merupakan bagian pengaturan yang terkait dengan pembiayaan. Berikut ini nilai economics yang dimasukkan pada sistem perancangan

- a. *Nominal discount rate* = 5,50%
- b. *Expected inflation rate* = 3%
- c. *Project lifetime* = 25
- d. *System fixed capital cost* = 0
- e. *System fixed O&M cost* = 0
- f. *Capacity shortage penalty* = 0
- g. *Currency* = Rupiah

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi sistem menghasilkan beberapa pilihan konfigurasi yang memungkinkan untuk melayani beban. Setiap konfigurasi memiliki kapasitas maupun jumlah komponen yang berbeda-beda sehingga menghasilkan nilai *Net Present Cost* yang berbeda. Sistem yang dianggap paling efisien adalah konfigurasi sistem yang memiliki nilai NPC terkecil, yaitu sistem yang kapasitas dan jumlah komponennya cukup untuk melayani kebutuhan beban dan memiliki perkiraan pembiayaan lebih kecil dibandingkan konfigurasi yang lain. Berikut ini gambar tampilan konfigurasi yang didapatkan dari hasil kalkulasi sistem.

[Figure 2 about here.]

Konfigurasi yang dihasilkan dibagi menjadi 3 kelompok berdasarkan komponen yang digunakan yaitu sistem yang menggunakan komponen panel surya -baterai – inverter (sistem PLTS), panel surya – turbin angin – baterai – inverter (sistem PLTH) dan turbin angin – baterai – inverter (sistem PLTB).

3.1 Sistem PLTS

Sistem ini menggunakan panel surya dengan kapasitas 142 kW, baterai dengan kapasitas 461 kWh (360 baterai) dan inverter dengan kapasitas 50 kW.

Sistem ini memiliki nilai NPC terkecil yaitu sebesar Rp3.615.140.000,00. Berikut ini adalah tabel kelistrikan sistem PLTS.

[Table 5 about here.]

Sistem pembangkit mengeluarkan biaya untuk pembelian komponen baterai, panel surya dan inverter sesuai dengan jumlah dan kapasitas masing-masing komponen dengan total Rp2.131.766.734,88. biaya pergantian komponen sebesar Rp1.474.341.023,90, biaya pemeliharaan selama jangka waktu operasi sistem yaitu sebesar Rp396.055.897,16 dan biaya sisa (*salvage*) sebesar Rp387.023.896,66. maka total NPC sistem pembangkit yaitu sebesar Rp3.615.139.759,27 atau Rp3,6 M. Berikut ini tabel pembiayaan pada sistem PLTS.

[Table 6 about here.]

3.2 Sistem PLTH

Pada sistem ini konfigurasi yang didapatkan apabila menggunakan dua sumber energi yaitu panel surya dan turbin angin, maka konfigurasi yang memiliki nilai NPC terkecil yaitu menggunakan panel surya dengan kapasitas 142 kW, turbin angin kapasitas 5,1 kW, baterai kapasitas 461 kWh (360 baterai) dan inverter kapasitas 50 kW. Sistem ini memiliki nilai NPC terkecil yaitu sebesar Rp4.325.679.000,00. Berikut ini adalah tabel kelistrikan sistem PLTH.

[Table 7 about here.]

Sistem PLTH mengeluarkan biaya pembelian komponen dengan total pembelian sebesar Rp2.463.687.569,93, dengan total biaya pergantian keseluruhan selama waktu operasi sebesar Rp1.680.696.974,19, biaya untuk pemeliharaan komponen yang dihitung setiap tahun sebesar Rp705.464.027,72, biaya sisa sebesar Rp524.169.938,27 sehingga menghasilkan maka total NPC sistem sebesar Rp4.325.678.588,57 atau Rp4,3 M. Berikut ini tabel pembiayaan pada sistem PLTH.

[Table 1 about here.]

3.3 Sistem PLTB

Kelistrikan sistem PLTB, PLTS dan PLTH sama-sama menggunakan komponen baterai dan inverter, yang membedakan sistem PLTB dengan yang lainnya yaitu hanya memanfaatkan energi angin tanpa bantuan dari sumber lainnya. Berikut ini adalah tabel kelistrikan sistem PLTB.

[Table 9 about here.]

Biaya yang dikeluarkan untuk sistem PLTB yaitu berupa pembelian komponen dengan total Rp17.801.603.910,00, total biaya pergantian sebesar Rp14.533.773.478,42, biaya pemeliharaan sebesar Rp13.216.971.627,84. Dan biaya sisa sebesar Rp6.717.444.826,57. Maka total NPC sistem pembangkit yaitu sebesar Rp38.834.904.189,69 atau Rp38,8 M. Berikut ini tabel pembiayaan pada sistem PLTB.

[Table 10 about here.]

3.4 Perbandingan Konfigurasi Sistem

Simulasi analisis potensi energi matahari dan energi angin di Bontang Kuala menghasilkan tiga jenis pembangkit yang dapat diterapkan yaitu sistem PLTS, PLTH Surya dan Bayu dan PLTB. Setiap jenis konfigurasi memiliki kapasitas dan jumlah komponen yang berbeda-beda sehingga menghasilkan nilai NPC yang berbeda. Berikut ini tabel perbandingan konfigurasi sistem PLTS, PLTH dan PLTB.

[Table 11 about here.]

Berdasarkan Tabel 4.17 dapat diketahui perbandingan sistem pembangkit yang hanya memanfaatkan energi matahari, hanya memanfaatkan energi angin dan memanfaatkan kedua sumber energi tersebut. Sesuai dengan perancangan beban sistem yang mengharuskan menyuplai beban sebesar 471,56 kWh/hari atau sama dengan 172.119,4 kWh/tahun dengan toleransi beban tidak terlayani yang diatur pada menu *constraints* sebesar 0,14% atau sebesar 240,9 kWh/tahun.

Hasil kelistrikan menunjukkan sistem konfigurasi optimal PLTS dan PLTH dapat melayani beban sesuai dengan perancangan sedangkan sistem konfigurasi optimal PLTB tidak dapat melayani beban sesuai dengan perancangan. Sistem yang memiliki nilai NPC terkecil adalah sistem PLTS yaitu sebesar Rp3,6 M, biaya lebih kecil dibandingkan NPC sistem PLTH dengan nilai NPC sebesar Rp4,3 M, bahkan jauh lebih kecil dibandingkan sistem PLTB dengan nilai NPC sebesar Rp38,8 M. NPC sistem PLTH dan PLTB lebih besar dibandingkan dengan PLTS dikarenakan sistem yang memanfaatkan turbin angin di lokasi Bontang Kuala tidak dapat menghasilkan daya yang optimal sehingga apabila tetap ingin menggunakan turbin angin maka tentu memerlukan komponen yang lebih banyak sehingga akan menambah biaya investasi, pergantian dan pemeliharaan komponen.

Maka berdasarkan jumlah dan kapasitas komponen dan biaya tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem PLTS lebih direkomendasikan dibandingkan dengan konfigurasi sistem PLTH dan sistem PLTB yang memerlukan jumlah, kapasitas dan

biaya yang lebih banyak.

IV. KESIMPULAN

Penelitian analisis potensi energi matahari dan energi angin sebagai pembangkit listrik di Bontang Kuala menggunakan Software Homer membandingkan tiga jenis pembangkit yang dapat diterapkan untuk melayani kebutuhan beban sebesar 344 kWh/day dan beban puncak 34,44 kW. Konfigurasi paling optimal yaitu konfigurasi sistem pembangkit yang hanya memanfaatkan energi matahari (sistem PLTS) untuk menyuplai kebutuhan beban listrik di Bontang Kuala, yaitu dengan rata-rata iradiasi matahari 6,81 kWh/m²/day dibutuhkan panel surya kapasitas 142 kW, baterai kapasitas 461 kWh dan inverter kapasitas 50 kW.

Potensi iradiasi matahari 6,81 kWh/m²/day dan kecepatan angin 4.1 m/s di Bontang Kuala bisa dimanfaatkan menjadi pembangkit listrik, tetapi pemanfaatan energi matahari lebih baik dibandingkan pemanfaatan energi angin karena memerlukan biaya yang lebih besar.

V. SARAN

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu sebaiknya tidak hanya menganalisis potensi energi matahari dan angin, tetapi juga dapat menganalisis potensi energi lain seperti energi gelombang laut. Dan dapat menjelaskan lebih detail pengeluaran biaya yang dilakukan setiap komponen, seperti kegiatan yang dilakukan pada saat pemeliharaan komponen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. G. Pamungkas and A. Aditya, "Simulasi Kinerja Mini-grid Berbasis Photovoltaic (PV) dan Wind Turbine (WT) Menggunakan HOMER Di Pantai Samas Bantul Yogyakarta," Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2021.
- [2] R. Hariyati, M. N. Qosim, and A. W. Hasanah, "Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On Grid dengan Gedung STT-PLN Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah," vol. 11, no. 1, pp. 17–26, 2019.
- [3] S. Krohn, "The Economics of Wind Energy," The

European Wind Energy Association, 2009.

- [4] T. Michael, "Renewable Power Generation Costs In 2020," International Renewable Energy Agency (IRENA), 2021.
- [5] Pemerintah Kota Bontang, "Rancangan Akhir RKPD Kota Bontang, 2023," Kota Bontang, Kalimantan Timur, 2023.
- [6] H. H. Pradana, "Simulasi Sistem Pembangkit Listrik Hibrid Tenaga Surya Dan Angin di Fakultas Teknologi Industri," Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, 2018.
- [7] I. Saputra, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida pada Pesisir Pantai Labu Menggunakan Software Homer," vol. 31, pp. 39, 2021.
- [8] S. Suite and B. Co, "HOMER® Pro Version 3.7 User Manual," HOMER® Energy, Boulder, CO, USA, Aug. 2016.
- [9] Tech, T., "Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat," Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Nov. 2018.
- [10] A. Wibowo, "Instalasi Panel Listrik Surya," J. Joseph, Ed. Yayasan Prima Agus Teknik, Universitas Stekom, 2022.

*Correspondent e-mail address sakti27bima@gmail.com
Peer reviewed under responsibility of Muhammadiyah University Sidoarjo, Indonesia.

© 2024 Muhammadiyah University Sidoarjo, All right reserved, This is an open access article under the CC BY license(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Received: 2024-01-22
Accepted: 2024-03-21
Published: 2024-04-29

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Rata-rata kecepatan angin di Bontang Kuala	53
Tabel 2. Rata-rata iradiasi matahari di Bontang Kuala	53
Tabel 3. Hasil survey rekapitulasi daya pemakaian per jam.....	54
Tabel 4. Hasil rekapitulasi beban per jam.....	55
Tabel 5. Kelistrikan sistem PLTS	55
Tabel 6. Pembiayaan sistem PLTS.....	56
Tabel 7. Kelistrikan sistem PLTH.....	56
Tabel 8. Pembiayaan sistem PLTH	56
Tabel 9. Kelistrikan sistem PLTB	57
Tabel 10. Pembiayaan sistem PLTB	57
Tabel 11. Perbandingan konfigurasi sistem PLTS, PLTH dan PLTB.....	57

Tabel 1. Rata-rata kecepatan angin di Bontang Kuala

Tahun	Bulan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2002	5,59	4,35	4,97	3,74	3,36	4,43	3,94	4,94	4,20	4,45	4,25	4,77
2003	3,92	4,13	4,76	3,21	4,46	4,62	5,28	4,97	4,62	3,52	3,23	4,66
2004	4,11	3,82	4,47	3,17	3,95	5,28	4,14	4,6	3,95	4,45	3,17	3,62
2005	5,13	4,52	4,55	3,35	3,46	3,86	4,45	4,74	5,11	4,03	3,74	4,39
2006	3,44	4,91	3,8	3,08	3,78	4,6	4,43	5,84	4,52	4,33	3,63	3,7
2007	4,09	4,07	4,32	3,09	4,07	4,25	5,54	4,68	4,78	3,77	4,45	4,47
2008	4,01	3,73	3,71	3,22	3,7	4,59	4,17	4,07	3,83	4,05	3,97	3,36
2009	3,49	4,09	3,34	4,08	3,54	3,37	5,91	5,36	4,88	4,69	4,95	4,45
2010	3,98	5,98	4,49	3,3	3,23	3,57	2,95	4,75	3,78	4,46	4	3,94
2011	3,87	3,47	3,88	4,1	4,04	4,81	4,39	4,68	5,52	4,16	3,34	5,18
2012	4,16	4,31	4,24	2,74	4,33	4,36	4,61	4,72	3,78	4	3,18	3,78
2013	4,56	4,29	4,1	4,18	3,47	3,55	4,32	4,78	4,27	3,92	3,55	3,41
2014	4,43	4,26	4,7	4,01	3,55	3,53	4,27	3,83	3,71	4,78	3,56	4,28
2015	3,86	4,26	3,98	3,23	3,65	4	4,95	4,62	4,5	4,02	3,57	4,69
2016	3,82	4,52	4,19	4,12	3,41	3,8	3,86	4,88	3,5	3,15	3,26	4,15
2017	3,86	4,81	3,3	3,17	3,07	3,37	4,4	4,22	4,17	4,84	2,89	4,06
2018	3,37	3,6	4,46	3,5	2,98	4,38	5,06	5,4	5,27	3,34	3,84	4,9
2019	3,81	4,94	4,02	4,61	3,02	4,38	5,34	5,77	5,09	3,1	3,55	3,72
2020	5,66	4,85	4,52	3,7	3,3	4,03	4,16	3,89	4,75	3,84	4,2	3,55
2021	3,92	3,5	3,55	3,65	2,89	3,02	4,09	3,63	3,19	4,08	3,58	3,91
Rata - rata	4,15	4,32	4,16	3,56	3,56	4,09	4,51	4,71	4,37	4,04	3,69	4,15
	4,11 m/s											

Tabel 2. Rata-rata iradiasi matahari di Bontang Kuala

Tahun	Bulan											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2002	6,91	7,15	7,29	7,11	6,7	6,4	6,5	6,37	6,22	6,43	6,77	6,77
2003	6,9	7,2	7,28	7,09	6,65	6,43	6,44	6,79	6,98	6,98	6,84	6,7
2004	6,91	7,12	7,2	7,02	6,61	6,29	6,52	6,65	7,13	6,49	6,86	6,73
2005	6,84	7,13	7,26	6,86	6,63	6,42	6,39	6,67	6,81	7,05	6,82	6,64
2006	6,9	7,15	7,2	7,04	6,63	6,43	6,43	6,72	6,88	5,86	6,68	6,68
2007	6,85	7,16	7,27	7,06	6,71	6,37	6,45	6,79	6,99	7	6,76	6,67
2008	6,83	7,08	7,23	7,06	6,62	6,4	6,5	6,88	7,04	7,09	6,79	6,71
2009	6,9	7,13	7,28	7,05	6,59	6,36	6,47	6,61	6,64	6,94	6,84	6,76
2010	6,85	7,25	7,34	7,07	6,68	6,44	6,53	6,83	7,11	7,06	6,87	6,67
2011	6,9	7,12	7,22	7,01	6,62	6,33	6,43	6,74	6,99	7,01	6,87	6,66
2012	6,85	7,16	7,2	7,07	6,65	6,34	6,45	6,8	6,78	6,91	6,91	6,76
2013	6,89	7,16	7,27	7,03	6,66	6,33	6,42	6,8	6,93	6,9	6,89	6,71
2014	6,88	7,1	7,3	7,03	6,68	6,32	6,37	6,81	7,01	6,47	6,74	6,71
2015	6,92	7,19	7,28	7,12	6,67	6,34	6,51	6,77	6,21	6,05	6,78	6,74
2016	6,91	7,21	7,26	7,07	6,62	6,35	6,45	6,73	7,05	6,98	6,81	6,68
2017	6,91	7,16	7,26	7,04	6,64	6,38	6,45	6,8	7,06	7	6,85	6,69
2018	6,82	7,16	7,27	6,96	6,65	6,4	6,4	6,74	6,98	6,96	6,78	6,65
2019	6,88	7,21	7,28	7,03	6,64	6,36	6,48	6,74	6,87	7,02	6,74	6,64
2020	6,92	7,19	7,3	7,06	6,65	6,39	6,52	6,83	7,09	6,99	6,82	6,68
2021	6,85	7,12	7,26	6,96	6,64	6,4	6,45	6,8	7,08	7,08	6,87	6,69
Rata - Rata	6,88	7,16	7,26	7,04	6,65	6,37	6,45	6,74	6,89	6,81	6,81	6,7
	6,81 kWh/m ² /day											

Tabel 3. Hasil survey rekapitulasi daya pemakaian per jam

Waktu Pemakaian	Daya Pemakaian Pelanggan (W)																				Daya Maks (W)
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	
00-01	80	77	92	85	68	75	8	153	115	99	484	78	89	92	89	8	100	85	155	150	484
01-02	80	77	92	85	68	75	8	153	115	99	484	78	89	92	89	8	100	85	155	150	484
02-03	80	77	92	85	68	75	8	153	115	99	84	78	89	92	89	8	100	85	155	150	155
03-04	80	77	92	85	68	75	8	153	115	99	84	78	89	92	89	8	100	85	155	150	155
04-05	80	77	92	85	68	98	8	181	115	99	113	78	89	92	89	8	100	85	230	150	230
05-06	442	109	441	159	403	158	94	581	173	122	188	176	129	218	471	45	140	121	305	217	581
06-07	72	697	159	380	108	480	60	198	340	144	159	120	584	334	84	0	100	445	215	590	697
07-08	122	178	219	171	60	545	250	563	340	244	717	370	159	84	394	0	100	80	613	273	717
08-09	122	178	219	171	60	145	0	198	115	144	159	120	159	84	144	0	100	128	215	225	225
09-10	182	130	159	130	60	145	0	198	115	144	159	120	159	84	84	330	100	128	215	225	330
10-11	182	130	159	130	244	145	0	198	115	144	699	120	159	84	84	0	100	80	215	325	699
11-12	250	320	259	242	244	265	0	334	315	324	624	190	249	174	354	0	240	128	395	325	624
12-13	250	262	184	192	174	265	0	276	315	324	624	140	249	174	354	0	240	128	320	250	624
13-14	250	72	144	80	108	325	110	276	315	144	624	188	309	254	414	180	240	80	188	150	624
14-15	122	72	144	80	108	205	110	140	115	244	484	70	159	84	144	180	100	80	188	150	484
15-16	122	72	84	80	60	145	0	140	115	144	84	70	159	84	84	0	100	80	140	150	159
16-17	122	72	84	80	60	145	0	140	115	144	84	70	159	84	84	0	100	80	140	150	159
17-18	122	72	84	80	60	145	0	140	115	144	84	70	309	174	264	0	100	80	140	150	309
18-19	162	109	466	109	110	363	34	181	523	262	413	528	354	228	301	45	140	521	230	217	528
19-20	172	552	466	150	410	288	34	531	523	382	161	128	219	228	301	105	360	217	230	265	552
20-21	390	347	166	812	110	98	104	363	173	382	961	198	129	138	181	105	360	169	410	265	961
21-22	390	299	166	221	294	98	104	363	173	382	961	198	129	138	181	105	360	169	410	365	961
22-23	112	299	166	221	294	98	104	181	115	99	563	198	129	138	121	105	360	169	410	317	563
23-00	112	109	92	85	68	98	8	181	115	99	484	78	89	92	121	105	220	121	155	150	484

Tabel 4. Hasil rekapitulasi beban per jam

Waktu Pemakaian	Pemakaian 1 rumah	Pemakaian 40 Rumah	
	W	W	kW
00-01	484	19360	19,36
01-02	484	19360	19,36
02-03	155	6200	6,2
03-04	155	6200	6,2
04-05	230	9200	9,2
05-06	581	23240	23,24
06-07	697	27880	27,88
07-08	717	28680	28,68
08-09	225	9000	9
09-10	330	13200	13,2
10-11	699	27960	27,96
11-12	624	24960	24,96
12-13	624	24960	24,96
13-14	624	24960	24,96
14-15	484	19360	19,36
15-16	159	6360	6,36
16-17	159	6360	6,36
17-18	309	12360	12,36
18-19	528	21120	21,12
19-20	552	22080	22,08
20-21	961	38440	38,44
21-22	961	38440	38,44
22-23	563	22520	22,52
23-00	484	19360	19,36
Total	11789	471560	471,56

Tabel 5. Kelistrikan sistem PLTS

Produksi		
Panel Surya	289.014kWh/yr	100%
Total Produksi	289.014 kWh/yr	100%
Konsumsi		
Beban AC	171.880 kWh/yr	100%
Pelayanan		
Kelebihan Daya	104.394 kWh/yr	36,3%
Kekurangan Daya	240 kWh/yr	0,13%
Kekurangan Kapasitas	401 kWh/yr	0,23%

Tabel 6. Pembiayaan sistem PLTS

Komponen	Harga (Rp)	Pergantian (Rp)	Pemeliharaan (Rp)	Sisa (Rp)	Total (Rp)
Baterai	878.960.160,00	1.235.621.428,18	163.299.928,20	241.300.555,49	2.036.580.960,88
Panel surya	1.082.993.224,88	0	201.206.748,50	99.104.555,07	1.185.095.418,31
Inverter	169.813.350,00	238.719.595,72	31.549.220,46	46.618.786,09	393.463.380,8
Sistem	2.131.766.734,88	1.474.341.023,90	396.055.897,16	387.023.896,66	3.615.139.759,27

Tabel 7. Kelistrikan sistem PLTH

Produksi		
Panel Surya	288.628 kWh/yr	97,8%
Turbin Angin	6.631 kWh/yr	2,25%
Total Produksi	295.260 kWh/yr	100%
Konsumsi		
Beban AC	171.961 kWh/yr	100%
Pelayanan		
Kelebihan Daya	111.526 kWh/yr	37,8%
Kekurangan Daya	158 kWh/yr	0,09 %
Kekurangan Kapasitas	277 kWh/yr	0,161%

Tabel 8. Pembiayaan sistem PLTH

Komponen	Harga (Rp)	Pergantian (Rp)	Pemeliharaan (Rp)	Sisa (Rp)	Total (Rp)
Baterai	878.960.160,00	1.235.621.428,18	163.299.928,20	241.300.555,49	2.036.580.960,88
Turbin angin	333.366.300,00	206.355.950,29	309.676.680,07	137.278.360,90	712.120.569,47
Panel surya	1.081.547.759,93	0	200.938.198,99	98.972.280,78	1.183.513.678,14
Inverter	169.813.350,00	238.719.595,72	31.549.220,46	46.618.786,09	393.463.380,8
Sistem	2.463.687.569,93	1.680.696.974,19	705.464.027,72	524.169.938,27	4.325.678.588,57

Tabel 9. Kelistrikan sistem PLTB

Produksi		
Turbin Angin	265.257 kWh/yr	100%
Total Produksi	265.257 kWh/yr	100%
Konsumsi		
Beban AC	171.841 kWh/yr	100%
Pelayanan		
Kelebihan Daya	84.315 kWh/yr	31,8%
Kekurangan Daya	278 kWh/yr	0,162%
Kekurangan Kapasitas	378 kWh/yr	0,219%

Tabel 10. Pembiayaan sistem PLTB

Komponen	Harga (Rp)	Pergantian (Rp)	Pemeliharaan (Rp)	Sisa (Rp)	Total (Rp)
Baterai	4.297.138.560,00	6.040.815.871,09	798.355.204,51	1.179.691.604,62	9.956.618.030,98
Turbin angin	13.334.652.000,00	8.254.238.011,61	12.387.067.202,87	5.491.134.435,85	28.484.822.778,63
Inverter	169.813.350,00	238.719.595,72	31.549.220,46	46.618.786,09	393.463.380,08
Sistem	17.801.603.910,00	14.533.773.478,42	13.216.971.627,84	6.717.444.826,57	38.834.904.189,69

Tabel 11. Perbandingan konfigurasi sistem PLTS, PLTH dan PLTB

Parameter	PLTS	PLTH	PLTB
Kapasitas panel surya	142 kW	142 kW	-
Kapasitas turbin angin	-	5,1 kW	204 kW
Kapasitas baterai	461 kWh	461 kWh	2.253 kWh
Kapasitas inverter	50 kW	50 kW	50 kW
Produksi listrik	289.014 kWh/tahun	295.260 kWh/ tahun	265.257 kWh/ tahun
Konsumsi listrik	171.880 kWh/ tahun	171.961 kWh/ tahun	171.841 kWh/ tahun
Kelebihan daya	104.394 kWh/ tahun	111.526 kWh/ tahun	84.315 kWh/ tahun
Daya tidak terlayani	240 kWh/ tahun	158 kWh/ tahun	278 kWh/ tahun
NPC	Rp3,6 M	Rp4,3 M	Rp38,8 M

DAFTAR GAMBAR

Figure 1. Tampilan menu *load* pada simulasi Homer59
Figure 2. Hasil konfigurasi sistem pembangkit59



Figure 1. Tampilan menu *load* pada simulasi Homer

Architecture							Cost	
				Panel Surya (kW) ▾	Turbin Angin ▾	Baterai ▾	Inverter (kW) ▾	NPC (Rp) ⓘ ▾
				142		360	50.0	Rp3.62B
				142	1	360	50.0	Rp4.33B
					40	1,760	50.0	Rp38.8B

Figure 2. Hasil konfigurasi sistem pembangkit