

Simulasi Optimasi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Di Pulau Nusa Penida Menggunakan Aplikasi Homer

1st Aditya Pratama
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

adtypratama@studenttelkomuniversity
.ac.id

2nd Kharisma Bani Adam
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

kharismaadam@telkomuniversity.ac.i
d

3rd Jangkung Raharjo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

jangkung.raharjo@telkomuniversit
y.ac.id

Abstrak— Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas wilayah sekitar 1.904.569 km² dan garis pantai sepanjang 54.716 km. Pada Era Industri 4.0 ini, Energi Listrik merupakan kebutuhan primer bagi seluruh masyarakat untuk menunjang segala aktivitas dan kehidupan mereka.

Salah satu pulau yang masih belum dialiri listrik secara maksimal yaitu Pulau Nusa Penida di Kabupaten Klungkung, Provinsi Bali. Pada penelitian ini penulis membuat suatu sistem simulasi pembangkit listrik tenaga hybrid di pulau Nusa Penida. Sistem ini merupakan gabungan dari pembangkit listrik tenaga bayu, dan pembangkit listrik tenaga surya menggunakan *software* HOMER. Dalam penelitian ini menghasilkan opsi PLTH (Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid) optimal yang berpotensi dapat dibangun di wilayah Kecamatan Nusa Penida, yaitu berkapasitas 11,9 MW, PLTS berkapasitas 3,5 MW, BESS berkapasitas 3 MW, dan berkapasitas 4 MW. Berdasarkan total hasil analisis perhitungan biaya energi yang telah didapatkan dari PLTH, hasil LCC sebesar \$62.358.890, PBP menunjukkan bahwa dibutuhkan waktu selama 11,6 tahun untuk mengembalikan modal investasi keseluruhan. Kemudian perhitungan analisis kelayakan investasi yang telah dilakukan, menunjukkan nilai NPV sebesar \$35.589.268,96. Nilai Profit Index adalah 7,53, dan nilai IRR 37,38%. Dengan seluruh hasil tersebut, menunjukkan bahwa pembangunan PLTH yang ada di Nusa Penida dapat memberikan keuntungan.

Kata kunci— pulau nusa penida, pembangkit listrik tenaga hybrid, homer

I. PENDAHULUAN

Pada era globalisasi saat ini Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas wilayah sekitar 1.904.569 km² dan garis pantai sepanjang 54.716 km. Indonesia memiliki lebih dari 17.000 pulau, di mana hanya sekitar 7000 pulau yang berpenghuni[1]. Pada Era Industri 4.0 ini, Energi Listrik merupakan

kebutuhan primer bagi seluruh masyarakat untuk menunjang segala aktivitas dan kehidupan mereka, entah itu di daerah perkotaan besar maupun daerah pedesaan sekalipun. Menurut Laporan Tahunan PLN tahun 2019 Rasio Elektrifikasi Nasional 2019 baru mencapai 98,89%[2], sebanyak 1.11% wilayah yang masih belum dialiri listrik. Namun, masih banyak desa yang berada di kepulauan terdepan, terluar dan tertinggal yang sudah teraliri listrik, tetapi listrik di daerah tersebut hanya menyala di malam hari.

Salah satu pulau yang masih belum dialiri listrik secara maksimal yaitu Pulau Nusa Penida di Kabupaten Klungkung, Provinsi Bali. Luas wilayah Nusa Penida adalah 202.804 hektar dengan total penduduk sebanyak 47.488 orang (termasuk Nusa Lembongan dan Nusa Ceningan)[3]. Nusa Penida hanya memiliki satu sistem kelistrikan interkoneksi dalam sistem distribusi 20 kV, kebutuhan energi di sistem Nusa Penida pada 2018 adalah sebesar 44,530 MWh/tahun dengan beban puncak sebesar 8.7 MW[3]. Beban ini dipasok oleh pembangkit diesel di Kutampi, total kapasitas terpasang 11,9 MW. Pemenuhan kebutuhan listrik dengan hanya bergantung pada satu sumber ini tentunya memiliki kekurangan, selain Biaya Pokok Penyediaan yang tinggi, penggunaan BBM tentunya tidak sejalan dengan target capaian bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025[3]. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan simulasi dan optimasi sistem pembangkit yang mengutamakan pemanfaatan potensi energi lokal, terutama energi terbarukan.

Dalam mengoptimalkan energi terbarukan yang ada disana penulis melakukan formulasi tambahan dengan menambahkan pembangkit listrik tenaga hibrida disana, dikarenakan Indonesia memiliki potensi energi surya yang besar dengan radiasi matahari rata-rata sebesar

5.45 kWh/m² maka dari itu potensi yang dibangkitkan sangatlah besar. Indonesia juga memiliki potensi energi angin yang sangat potensial untuk membangun PLTB dengan perkiraan energi yang tersimpan sebanyak 60.647 MW[4]. Solusi yang digagas pada penelitian ini yaitu melakukan simulasi menggunakan perangkat lunak HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*) untuk menentukan hasil optimasi Pembangkit Listrik Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB), Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dan baterai guna mengoptimalkan potensi-potensi energi yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan listrik di Pulau Nusa Penida. Hasil konfigurasi yang optimal yang dimaksud disini yaitu mendapatkan nilai NPC (*Net Present Cost*) terendah, karena NPC adalah biaya keseluruhan sistem selama jangka waktu tertentu. *Net Present Cost* (NPC) merupakan biaya keseluruhan sistem selama masa proyek. Total NPC mencakup semua biaya yang dikeluarkan selama proyek berlangsung, terdiri dari biaya komponen, biaya penggantian, biaya pemeliharaan, biaya bahan bakar, biaya penalty emisi, dan biaya suku bunga[3].

II. KAJIAN TEORI

A. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid

Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) adalah pembangkit listrik yang menggunakan dua atau lebih pembangkit dengan sumber daya yang berbeda. Tujuan dibangunnya teknologi hybrid ini yaitu untuk mendapatkan daya yang optimal dengan menggabungkan kelebihan-kelebihan yang dimiliki dua atau lebih jenis sistem pembangkit tenaga yang bekerja secara terpadu. Sistem-sistem yang Tenaga digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid ini adalah sistem sel surya, sistem konversi energi, sistem baterai, sistem inverter, dan sistem kontrol. [5]. Kontribusi daya masing-masing jenis pembangkit setiap saat tidak tetap, mengingat PLTB dan 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. Sedangkan PLTB dapat beroperasi selama 24 jam penuh setiap hari, namun PLTB tergantung tergantung dari kecepatan angin, sehingga daya yang dibangkitkan pun berubah

setiap saat. 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 PLTB dan PLTS, sehingga kontribusi dayanya pun tergantung dari suplai daya kedua pembangkit listrik tersebut. Dengan pengoperasian PLTB dan PLTS yang terintegrasi pada PLTH, maka pemakaian BBM dan emisi CO₂ dapat dikurangi[5].

B. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebuah sistem pembangkit listrik yang menggunakan energi matahari sebagai sumber daya yang diubah menjadi energi listrik menggunakan *photovoltaic module*. PLTS termasuk kedalam energi hijau sehingga PLTS menjadi suatu pembangkit yang terbarukan, lebih efisien, handal, dan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik.[4] PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik. DC (*Direct Current*), yang dapat diubah menjadi listrik AC (*Alternating Current*) apabila diperlukan.

C. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) merupakan pembangkit listrik yang mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik menggunakan turbin yang nantinya diubah menjadi energi listrik menggunakan generator dengan memanfaatkan kecepatan angin untuk menggerakkan turbin[6]. Penyebab dari pergerakan ini adalah pemanasan bumi oleh radiasi matahari. Udara di atas permukaan bumi selain dipanaskan oleh matahari secara langsung, juga mendapat pemanasan oleh radiasi matahari bumi tidak homogen, maka jumlah energi matahari yang diserap dan dipancarkan kembali oleh bumi berdasarkan tempat dan waktu adalah bervariasi. Hal ini menyebabkan perbedaan temperatur pada atmosfer, yang menyebabkan perbedaan kerapatan dan tekanan atmosfer. Udara memiliki sifat untuk selalu mencapai kesetimbangan tekanan, karena itu perbedaan kecepatan dan tekanan atmosfer ini menyebabkan udara bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah[5].

D. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) adalah instalasi pembangkit listrik yang terdiri dari suatu unit pembangkit dan sarana pembangkitan. Pada mesin diesel, energi bahan bakar diubah

menjadi energi mekanik dengan proses pembakaran di dalam mesin tersebut. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ialah pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai *prime mover*. Prime mover adalah peralatan yang berfungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor.

PLTD bekerja dengan membakar bahan bakar, mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas (panas terbuang) dan energi kinetik rotasi. Mesin terpasang ke alternator yang mengubah energi kinetik rotasi menjadi energi listrik.

E. Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC menjadi sumber tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Inverter diklasifikasikan kedalam dua jenis, yaitu; inverter satu fasa dan inverter tiga fasa. Tegangan DC dari panel surya cenderung tidak konstan sesuai dengan tingkat radiasi matahari. Tegangan masukan DC yang tidak konstan ini akan diubah oleh inverter menjadi tegangan AC yang konstan yang siap digunakan atau disambungkan pada sistem yang ada, misalnya jaringan PLN.

F. Baterai

Baterai merupakan salah satu media penyimpanan energi listrik yang dimana energi tersebut disimpan dalam bentuk energi kimia. Output dari baterai yaitu berupa arus searah atau *Direct Current* (DC). Baterai memiliki dua kutub, yaitu kutub positif (katoda) dan kutub negative (anoda). Baterai terdiri dari dua jenis utama yaitu baterai primer (*single use battery*) dan baterai sekunder yang dapat diisi kembali jika daya sudah habis (*rechargeable battery*).

G. HOMER

HOMER (*Hybrid Optimization Model for Energy Renewable*) adalah salah satu aplikasi atau software untuk desain sistem pembangkit listrik hybrid menggunakan energi terbarukan. HOMER Energy mengoptimalkan desain mikrogrid di semua sektor, mulai dari pembangkit listrik di pedesaan hingga kampus dan pangkalan militer yang terhubung dengan jaringan. HOMER melakukan perhitungan keseimbangan energi untuk setiap konfigurasi sistem yang akan dipertimbangkan. HOMER dapat menentukan konfigurasi yang layak, pasokan listrik yang didapat apakah sudah optimal dengan yang sudah ditentukan, perkiraan biaya instalasi, sistem operasi selama masa proyek, dan

sistem perhitungan biaya seperti biaya modal, perawatan, bahan bakar, dan bunga [10].

H. Biaya Siklus Hidup

Life Cycle Cost (LCC) adalah sistem model yang mempertimbangkan total semua biaya yang relevan dari suatu sistem energi dari waktu ke waktu mulai dari biaya desain, bangunan, bahan, operasi sistem, dan komponen. Termasuk biaya investasi awal, operasi, biaya pemeliharaan, biaya penggantian peralatan dimasa yang akan datang, keamanan, asuransi dan juga nilai jual kembali [9]. Biaya siklus hidup (*life-cycle cost*) merujuk pada penjumlahan semua biaya-biaya, baik yang berulang maupun tidak berulang sehubungan dengan produk, struktur, sistem, atau jasa selama jangka waktu hidupnya.

I. Levelized Cost of Electricity

Levelized cost of electricity (LCOE) menggambarkan besarnya biaya yang dikeluarkan untuk mendapatkan energi listrik per kWh. Lewat LCOE, maka bisa didapatkan besar biaya per kWh yang dikeluarkan untuk setiap penggunaan listrik [11].

J. Payback Period

Payback period adalah waktu yang diperlukan untuk membayar kembali nilai investasi melalui pendapatan yang dihasilkan oleh proyek (investasi). Analisis payback period dalam analisis kelayakan perlu ditampilkan untuk mengetahui berapa lama usaha atau kelompok yang dikerjakan baru dapat mengembalikan investasi. Analisis payback period dihitung dengan cara menghitung waktu yang diperlukan pada saat total arus kas masuk sama dengan total arus kas keluar [9]. Berdasarkan hasil analisis ini diharapkan terdapat alternatif dengan periode yang lebih singkat dari lamanya proyek yang dijalankan. Penggunaan analisis ini hanya disarankan untuk mendapatkan informasi tambahan untuk mengukur seberapa cepat pengembalian modal yang diinvestasikan.

K. Net Present Value

Net Present Value (NPV) adalah sebuah parameter yang menggambarkan sebuah pendapatan yang diperoleh dimasa depan yang bunganya telah dibayar diawal atau diskonto. Penilaian kelayakan investasi dengan pendekatan NPV ini merupakan metode kuantitatif yang mampu menunjukkan layak tidaknya suatu proyek atau investasi. Kelayakan investasi dengan metode NPV dinilai dari keuntungan bersih yang diperoleh di akhir pengerjaan suatu proyek atau investasi [9].

L. Profitability Index

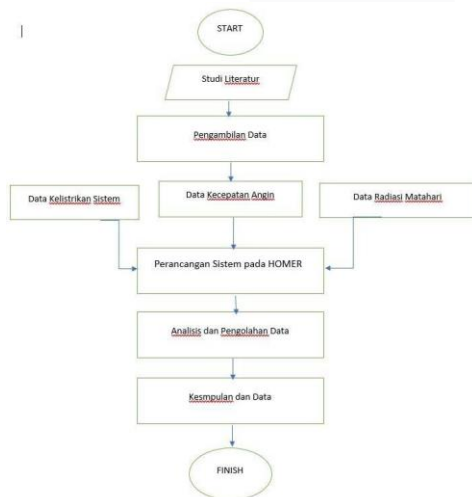
Profitability Index (PI) adalah perbandingan atau rasio antara present value arus kas masuk bersih dengan present value arus kas keluar. Metode ini sering juga disebut dengan *Benefit Cost Ratio* atau model rasio manfaat biaya [12].

M. Internal Rate of Return

Internal Rate Return (IRR), sebagai tingkat bunga yang akan menjadikan jumlah nilai sekarang dan aliran kas yang diharapkan akan diterima, sama dengan jumlah nilai sekarang dan penerima modal. Analisa ini untuk menentukan apakah suatu usulan proyek investasi dianggap layak atau tidak, dengan cara membandingkan antara IRR dengan tingkat keuntungan yang diharapkan, dilakukan dengan cara mencari *discount rate* yang dapat menyamakan antara present value dari aliran kas dengan present value investasi. Suatu proyek dapat dinyatakan layak untuk investasi apabila nilai IRR investasi tersebut lebih besar dari pada nilai MARR (*Minimum Acceptable Rate of Return*). Dalam sebuah proyek teknik, umumnya nilai MARR berkisar antara 10%-13%. Sebaliknya, nilai IRR yang berada dibawah dari nilai MARR mengindikasikan bahwa investasi tersebut tidak layak atau tidak menguntungkan. Adapun nilai IRR = nilai MARR menunjukkan bahwa pengembalian investasi berada pada titik minimum kelayakan atau titik impas (*break-even point*) [9].

III. METODE

A. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

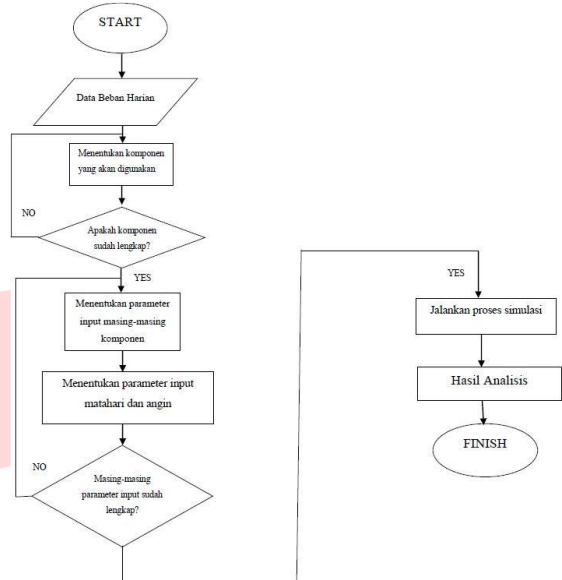
Pada penelitian ini tahapan yang akan dilakukan untuk memodelkan Sistem PLTH adalah sebagai berikut:

1. Melakukan Studi Literatur
2. Melakukan Pengambilan Data
3. Menentukan Data Kelistrikan Sistem, Data

Kecepatan Angin, Data Radiasi Matahari

4. Melakukan perancangan system menggunakan aplikasi HOMER
5. Melakukan analisis dan pengolahan data
6. Menentukan kesimpulan dan data yang didapat

B. Diagram Alir Simulasi



Gambar 2 Diagram Alir Simulasi

Perancangan sistem ini menggunakan *software* HOMER. Simulasi ini akan mendapatkan hasil yang optimum pada PLTH. Langkah-langkah yang dilakukan adalah :

1. Memasukkan data beban listrik
2. Menentukan komponen-komponen PLTH yang akan digunakan
3. Mengecek kelengkapan komponen-komponen pada PLTH 19
4. Menentukan parameter input masing-masing komponen
5. Menentukan parameter input faktor sumber daya matahari dan angin
6. Mengecek Kembali masing-masing parameter input faktor sumber daya matahari dan angin
7. Menjalankan proses simulasi dengan HOMER
8. Mendapatkan hasil simulasi

C. Kondisi Kelistrikan dan Permintaan Beban

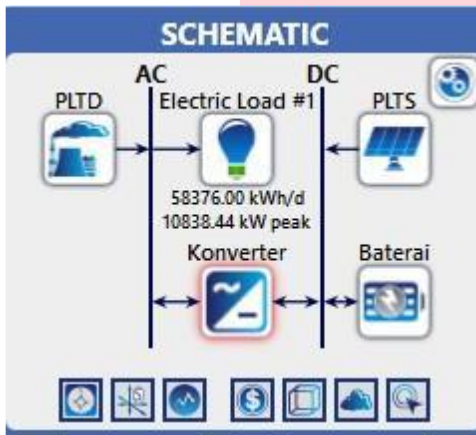
Sistem kelistrikan yang diatur oleh PLN Area Nusa Penida mencakup tiga Nusa yang terdiri dari Nusa Penida, Nusa Lembongan, dan Nusa Ceningan. Tiga Nusa tersebut memiliki jaringan interkoneksi 20kV. Sistem Nusa Penida hanya disuplai oleh PLTD yang berada di Kutampi yang memiliki kapasitas terpasang sebesar 7 x 1,7 MW (eksisting) dan 3 MW (*reserves*). Serta disuplai juga oleh PLTS Suana dengan kapasitas 3,5 MW yang terhubung dengan BESS yang berkapasitas 3,0 MW[3]. Pada tahun 2022, Data beban puncak di

sistem Nusa Penida didapat sebesar 10.34 MW yang terjadi pada pukul 7 malam. [3]

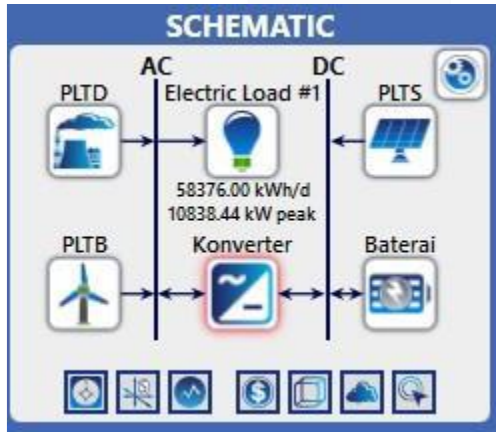
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sistem

Terdapat dua tipe konfigurasi yang memungkinkan untuk dianalisis antara konfigurasi sistem hybrid eksisting yang terdiri dari PLTD, PLTS, dan BESS dengan konfigurasi sistem hybrid eksisting yang ditambahkan PLTB. Pertama, konfigurasi sistem hybrid eksisting adalah sistem pembangkit listrik yang sudah/ sedang dibangun di wilayah Kecamatan Nusa Penida saat ini. Sedangkan konfigurasi kedua adalah konfigurasi yang terdiri dari PLTD, PLTS, BESS, dan PLTB.



Gambar 3 Skematik Eksisting
Sumber: Data yang telah diolah (2022)



Gambar 4 Skematik Sistem PLTH

Berikut adalah hasil pengujian dari konfigurasi system eksisting dan berikut adalah hasil yang didapatkan:

Komponen	kWh/thn	Kontribusi (%)
PLTS	5.698.618	24,5
PLTB	2.982.376	12,8
PLTD	14.574.948	62,7
TOTAL	23.255.942	100

Gambar 5 Produksi Energi Listrik Masing-Masing Komponen

B. Hasil Konfigurasi Sistem

Konfigurasi sistem dalam penelitian ini menggunakan HOMER dengan tujuan untuk melakukan simulasi serta optimasi yang dapat menghasilkan beberapa konfigurasi yang berbeda sesuai dengan batasan fraksi energi terbarukan. Konfigurasi sistem yang optimal ditunjukkan dengan hasil dari besaran NPC (*net present cost*). Hal ini dikarenakan NPC merupakan biaya yang dikeluarkan secara keseluruhan sistem dalam jangka waktu tertentu yang telah ditentukan[3]. Dalam penelitian ini, hasil yang didapatkan berdasarkan simulasi yang dilakukan melalui beberapa skenario pembangkit. NPC termurah dimiliki oleh sistem dengan hasil konfigurasi PLTH yang terdiri dari PLTD-PLTS-PLTB-Baterai dengan hasil NPC yaitu 62,3 Mill-US\$.

Komponen	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
PV	1.207.500	0.00	234.108,66	0.00	0.00	1.441.608,66
Baterai	80.750	54.491,68	13.258,38	0.00	(10.581,11)	137.918,95
Converter	4.648.771,88	1.635.529,45	265.767,46	0.00	(271.696,39)	6.278.372,4
PLTD	0.00	0.00	8.943.431,08	44.835.758,36	0.00	53.779.189,45
PLTB	720.000	0.00	1.802,89	0.00	0.00	721.802,89
System	6.657.021,88	1.690.021,13	9.458.368,49	44.835.758,36	(282.277,5)	62.358.892,35

Gambar 7 Ringkasan Biaya NPC

C. Biaya Siklus Hidup

$$LCC = IC + REP + FUEL + OM - SALVAGE$$

$$LCC = \$6.657.021,88 + \$1.690.021,13 + \$44.835.758,36 + \$9.458.368,49 - \$282.277,5$$

$$LCC = \$62.358.890$$

Dari perhitungan di atas, system PLTH menghabiskan biaya sebesar \$62.358.890 dengan menjumlahkan seluruh biaya yang dibutuhkan yang terdiri dari total harga komponen PLTH sebesar \$6.657.021,88, nilai pergantian dan pemasangan komponen sebesar \$1.690.021,13, biaya fuel sebesar \$44.835.758,36 dan biaya operasi dan pemeliharaan sebesar \$9.458.368,9.

D. Levelized Cost of Electricity

$$LCOE = \frac{\text{Total Annual Cost}}{\text{Total Energi yang dihasilkan}}$$

$$LCOE = \frac{5.453.870,5}{23.255.942 \text{ kWh}} = \$0,23/\text{kWh}$$

E. Payback Period

$$PbP = \frac{\text{Biaya Investasi Keseluruhan}}{\text{Pendapatan per Tahun}}$$

$$PbP = \frac{\$62.358.890}{\$5.348.866,66} = 11,6 \text{ Tahun}$$

Gambar 9 Hasil LCOE

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dibutuhkan waktu selama 11,6 tahun untuk mengembalikan modal investasi keseluruhan. Dengan tarif listrik sebesar \$0,23/kWh yang dihasilkan PLTH, maka total biaya investasi bisa tertutupi jauh sebelum umur pakai dari system PLTH yaitu selama 25 tahun.

F. Net Present Value

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{NFC_t}{(1+i)^t} - II$$

$$NPV = \$41.043.139,46 - \$5.453.870,5$$

$$= \$35.589.268,96$$

Gambar 10 Hasil NPV

Perhitungan *net present value* (NPV) di atas bernilai positif sebesar \$35.589.268,96, nilai positif tersebut menunjukkan bahwa penerimaan yang diperoleh lebih besar daripada nilai investasi.

G. Profitability Index

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{NFC_t}{(1+i)^t}}{II}$$

$$= \frac{\$41.043.139,46}{\$5.453.870,5}$$

$$= 7,53$$

Gambar 11 Hasil PI

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, proyek dinyatakan layak dan diterima karena nilai Profit Index sebesar 7,53. Sesuai dengan nilai standar yang ada yaitu jika nilai $PI \geq 1$ maka proyek tersebut dinyatakan layak dan diterima.

H. Internal Rate of Return

$$IRR = i_1 + \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) \times (i_2 - i_1)$$

$$= 10\% + \left(\frac{\$35.589.268,96}{\$35.589.268,96 - \$9/596.915,16} \right) \times (30\% - 10\%)$$

$$= 37,38\%$$

Gambar 11 Hasil IRR

Hasil perhitungan IRR diatas adalah sebesar 37,38%. Dari hasil perhitungan tersebut, investasi bisa diakui layak karena nilai tersebut lebih besar dari standar IRR yaitu harus lebih dari atau sama dengan 10%. [9]

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada perbandingan antara Konfigurasi Sistem PLTD Eksisting dan Konfigurasi Sistem PLTH di Pulau Nusa Penida yang disimulasikan menggunakan perangkat lunak HOMER dapat disimpulkan bahwa:

1. Dalam penelitian ini menghasilkan opsi PLTH (Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid) optimal yang berpotensi dapat dibangun di wilayah Kecamatan Nusa Penida, yaitu PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) berkapasitas 11,9 MW, PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) berkapasitas 3,5 MW, BESS berkapasitas 3 MW, dan PLTB (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu) berkapasitas 4 MW.
2. Konfigurasi Sistem PLTH memiliki hasil yang lebih optimal dibandingkan Konfigurasi Sistem PLTD Eksisting. Konfigurasi Sistem PLTH

memiliki nilai NPC sebesar \$62.3M, COE sebesar \$0.23, biaya operasional sebesar \$4.871.652/thn.

3. Berdasarkan total hasil analisis perhitungan biaya energi yang telah didapatkan dari PLTH, hasil life cycle cost (LCC) didapatkan sebesar \$62.358.890. Hasil dari perhitungan payback period (PBP) menunjukkan bahwa dibutuhkan waktu selama 11,6 tahun untuk mengembalikan modal investasi keseluruhan. Kemudian perhitungan analisis kelayakan investasi yang telah dilakukan, menunjukkan nilai NPV sebesar \$35.589.268,96. Nilai 35 profit index adalah 7,53, dan nilai IRR 37,38%. Dengan seluruh hasil tersebut, menunjukkan bahwa secara kelayakan ekonomi pembangunan PLTH yang ada di Nusa Penida dapat memberikan keuntungan.

REFERENSI

- [1] Suharto, "Pengembangan alliances," Univ. Indones., pp. 1–12, 2009.
- [2] D. Hidayanti and G. Dewangga, "Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin dan Surya dengan Penggerak Otomatis pada Panel Surya," *Eksergi*, vol. 15, no. 3, p. 93, 2020, doi: 10.32497/eksergi.v15i3.1784.
- [3] M. F. Fikri, R. A. A. R, and C. Hudaya, "Studi Optimasi Pembangkit Listrik Berbasis Energi Terbarukan pada Sistem Kelistrikan Pulau Nusa Penida Bali," *Sent. 2018 Semin. Nas. Tek. Elektro 2018*, pp. 265–275, 2018.
- [4] Kementerian ESDM, "Bahan ditjen ketenagalistrikan," 2020.
- [5] Herlina, "Analisa Dampak Lingkungan Terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida," pp. 4–25, 2009.
- [6] H. Ananta and S. Purbawanto, "Model Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dan Surya Skala Kecil Untuk Daerah Perbukitan," *Saintekno*, vol. 12, no. 1, pp. 16–22, 2014, doi: 10.15294/saintekno.v12i1.5422.
- [7] B. A. B. Vii and K. Dasar, "Inverter 2010," pp. 70–76, 2010, [Online]. Available: <http://www.pdfzilla.com/>.
- [8] W. D. Hill, "Battery," *English J.*, vol. 69, no. 5, p. 55, 1980, doi: 10.2307/817656.
- [9] Y. A. Nugroho, "Analisis Tekno-Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Di PT Pertamina (Persero) Unit Pengolahan IV Cilacap," *IEA Clean Coal Cent.*, vol. 11, no. 9, p. Issue 18-4, 2016, [Online]. Available: <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-12820-Presentation.pdf>.
- [10] Kunaifi, "Program Homer Untuk Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Hibrida di Provinsi Riau," *Semin. Nas. Inform. 2010 (semnasIF 2010) UPN" Veteran" Yogyakarta*, 22 Mei 2010, vol. 2010, no. semnasIF, pp. 18–27, 2010.
- [11] I. Razak, "Studi Kelayakan Pemasangan Pembangkit Listrik Energi Terbarukan Tenaga Hybrid (Studi Kasus: Desa Gadingsari, Dusun Wonoroto, Bantul)," 2019, [Online]. Available: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/13531>.
- [12] G. Alvianingsih and J. C. H. Simanjuntak, "Analisis Tekno-Ekonomi Hibrid Sistem PLTD PLTS Di Pulau Gersik, Belitung Menggunakan Perangkat Lunak Homer," *Sutet*, vol. 11, no. 1, pp. 1–12, 2021, doi: 10.33322/sutet.v11i1.1372.
- [13] M. El Zein and G. Gebresenbet, "Investigating off-grid systems for a mobile automated milking facility," *Heliyon*, vol. 7, no. 4, p. e06630, 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e06630.
- [14] "HOMER Pro - Microgrid Software for Designing Optimized Hybrid Power Plant." <https://www.homerenergy.com/products/pro/index.html> (accessed Sep. 15, 2022).