

# Studi Optimasi Pembangkit Listrik Berbasis Energi Terbarukan pada Sistem Kelistrikan Pulau Nusa Penida Bali

Muhammad Fathoni Fikri<sup>1</sup>, Raden Adhitya Ardiansyah R.<sup>2</sup>, Chairul Huda<sup>3</sup>

Departemen Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Indonesia

Kampus Baru UI Depok, Jawa Barat, Indonesia 16424, telp/fax (021) 7270078

muhammad.fathoni@eng.ui.ac.id<sup>1</sup>, raden.adhitya@eng.ui.ac.id<sup>2</sup>, c.hudaya@eng.ui.ac.id<sup>3</sup>

**Abstrak** – Nusa Penida adalah pulau terbesar di Kabupaten Klungkung, Provinsi Bali. Pulau ini begitu indah dan salah satu tujuan wisata favorit. Luas wilayah Nusa Penida termasuk Nusa Lembongan dan Nusa Ceningan adalah 202.840 hektar dengan total populasi 47.448 orang. 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. Beban ini dipasok oleh pembangkit diesel di Kutampi, total kapasitas terpasang 11,54 MW sedangkan kapasitas bersih 9,2 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. Ada dua langkah yang sudah dilakukan dalam rangka memitigasi problematika di atas yaitu penyediaan Pembangkit EBT (PLTS dan PLTB) dan konstruksi sistem interkoneksi kabel bawah laut 20 kV Bali - Nusa Lembongan. Untuk kabel bawah laut gagal pada saat instalasi dan untuk pembangkit EBT yang terpasang tidak optimal. Makalah ini menyajikan Simulasi dan Analisa dengan menggunakan perangkat lunak HOMER untuk didapatkan scenario pembangkit hibrida yang memiliki kehandalan baik dan biaya pembangkitan yang optimal. Dari hasil simulasi dan optimasi didapatkan PLTH optimum untuk diterapkan di area studi adalah integrasi antara PLTB, PLTS dan PLTD. Pada Kondisi optimum ini optimisasi kapasitas sebesar 15.1 MW untuk PLTS, 4.9 MW untuk PLTB, 10.9 MWh untuk Baterai dan 5.1 MW untuk Konverter. COE mengalami penurunan setelah masuknya sistem PLTH yaitu menjadi 13.4 centUS/kWh. Sedangkan COE pada konfigurasi sistem eksisting (PLTD) adalah sebesar 19 cent/kWh

**Kata kunci:** PLTH, HOMER, NPC, COE, Emisi CO<sub>2</sub>

## 1. Pendahuluan

Terus naiknya populasi manusia dan perkembangan industri, berdampak naiknya kebutuhan energi global. Tanpa perubahan yang signifikan dalam praktik energi saat ini, emisi gas dari konsumsi sumber bahan bakar fosil akan menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim yang akan mengancam keberlanjutan kehidupan di dunia. Kondisi ini mendorong para pemimpin dari berbagai Negara yang tergabung dalam The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) untuk terus menyerukan tindakan dan komitmen yang lebih besar dari negara-negara industri maju dalam mengurangi emisi gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) melalui penyelenggaraan konferensi perubahan iklim dunia, sebagai tindak lanjut dari Protokol Kyoto yang diselenggarakan di Jepang. Dari konferensi diharapkan setiap Negara mampu membuat kebijakan yang dapat dijadikan solusi untuk mengurangi dampak perubahan iklim. Dunia telah bersepakat dan berkomitmen untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari pembakaran fosil dengan menerapkan langkah-langkah hemat energi dan meningkatkan pemanfaatan energi baru terbarukan sebagai sumber energi utama dunia.

Pertumbuhan ekonomi dan permintaan kebutuhan akan tenaga listrik yang terus meningkat perlu diimbangi dengan usaha penyediaan tenaga listrik yang mencukupi. Usaha

penyediaan tenaga listrik meliputi usaha pembangkitan, transmisi, distribusi dan penjualan tenaga listrik. Ketersediaan suplai tenaga listrik secara kontinyu dengan mutu yang baik dan memenuhi standar keselamatan ketenagalistrikan sangat diperlukan guna mewujudkan sistem ketenagalistrikan nasional yang berkelanjutan andal, aman dan akrab lingkungan.

Dengan mempertimbangkan target rasio elektrifikasi di Indonesia untuk seluruh provinsi sampai dengan tahun 2024 sebesar 100% dan memberikan sasaran peningkatan pencapaian energi baru terbarukan pada tahun 2025 menjadi 23%. maka perlu upaya melakukan diversifikasi energi pada pembangkit tenaga listrik dengan memprioritaskan pemanfaatan energi baru terbarukan secara optimal. Kebijakan dalam pemanfaatan energi baru terbarukan sebagai sumber energi listrik harus tetap memperhatikan aspek teknis, ekonomi, dan keselamatan lingkungan hidup. Sehingga sumber energi baru terbarukan dapat dijadikan sebagai solusi energi alternatif dalam mengatasi krisis energi listrik di Indonesia.

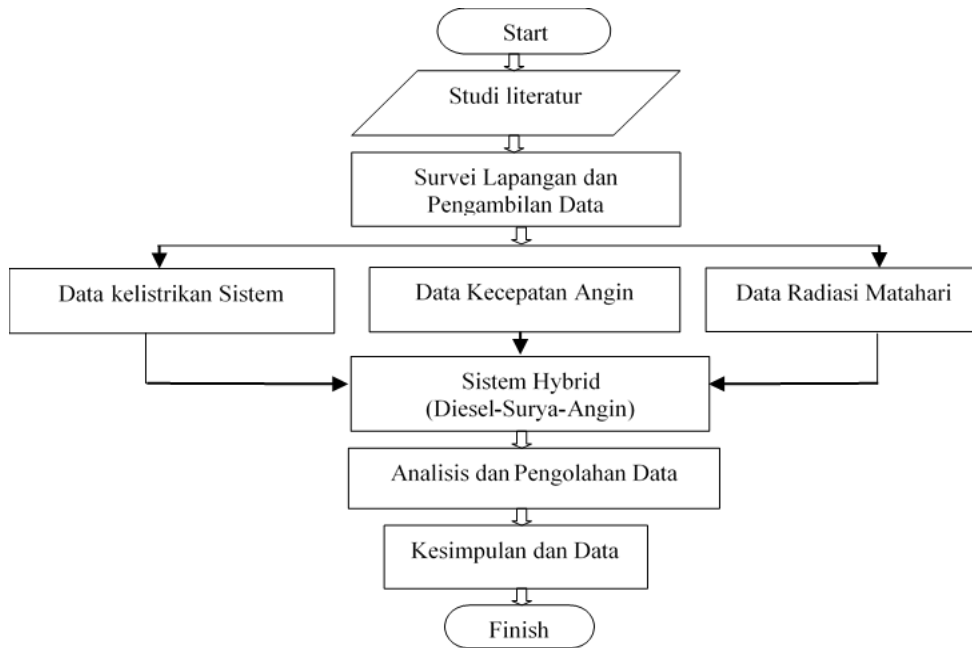
Dengan kondisi geografis Indonesia berupa negara kepulauan di sepanjang garis khatulistiwa, tentunya sangat sulit menjangkau seluruh beban di daerah-daerah yang jauh dari pusat beban. Salah satu solusi untuk mengatasi hal tersebut adalah penggunaan sumber-sumber energi yang dekat dengan beban. Ditjen EBTKE Kementerian ESDM menyebutkan Indonesia memiliki potensi energi surya yang besar dengan iradiasi matahari rata-rata sebesar 4,8 Wh/m<sup>2</sup> maka potensi yang dapat dibangkitkan sangat-sangatlah besar. Sebagai negara kepulauan yang 2/3 wilayahnya lautan dengan garis pantai terpanjang di dunia, yaitu sekitar 80.791,42 km, Indonesia memiliki potensi energi angin yang sangat besar dan potensial untuk pengembangan PLTB dengan perkiraan energi yang tersimpan sebesar 60.647 MW

Setelah ICCC (Konferensi Perubahan Iklim Internasional) PBB di Nusa Dua, 2007. Nusa Penida berencana untuk menjadi pulau percontohan dengan energi terbarukan "*Go Green Go Clean*". Jumlah PLTB yang terpasang saat ini di Nusa Penida adalah sebanyak sembilan unit dengan total kapasitas 735 KW. Mereka memiliki 2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan total kapasitas 30KW. Kondisi terkini, hanya 1 (satu) unit PLTS 30kW yang beroperasi dan tidak optimal.

Pada tahun 2012, PLN telah melaksanakan pekerjaan konstruksi sistem interkoneksi kabel bawah laut 20 kV Bali - Nusa Lembongan. Instalasi kabel tersebut seharusnya memasok listrik sebesar 20 MW ke tiga pulau. Akan tetapi pekerjaan tersebut mengalami kegagalan dikarenakan terputusnya kabel yang disebabkan oleh arus bawah laut yang sangat kuat [1]. Oleh karena itu pada study ini dilakukan simulasi dan optimasi system pembangkit yang mengutamakan pemanfaatan potensi energi lokal terutama energi terbarukan.

## 2. Metodologi Penelitian

Secara garis besar, tahapan penelitian dibagi menjadi empat yaitu persiapan, pengumpulan data, pengolahan data (menggunakan perangkat lunak HOMER), analisa dan kesimpulan. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif, dimana memusatkan pada permasalahan atau kondisi yang bersifat aktual dan kemudian menambahkan suatu sistem dengan teknologi perangkat lunak dengan tujuan memperoleh nilai ekonomis, sehingga dapat dianalisa kelebihan dan kekurangannya dengan penggunaan sistem yang ada saat ini.



Gambar 1: Diagram alir penelitian

2.1. Kondisi Kelistrikan

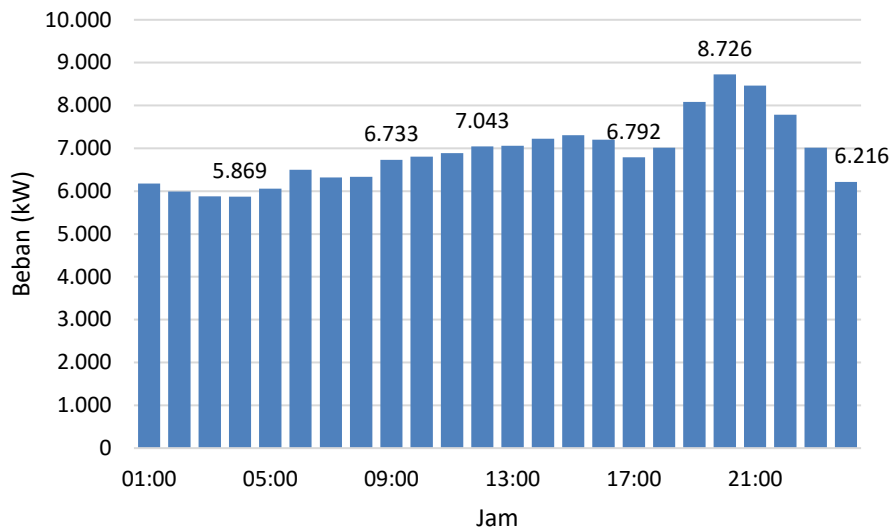
PLN Area Nusa Penida mengatur sistem kelistrikan di sistem 3 Nusa yang mencakup Nusa Penida, Nusa Lembongan dan Nusa Ceningan. Sistem 3 Nusa ini memiliki sistem interkoneksi jaringan distribusi 20 kV. Terdapat empat (4) penyulang distribusi yaitu penyulang Karang Sari, Tanglad, Ped dan Bunga Mekar. Sistem Nusa Penida saat ini hanya disuplai oleh pembangkit diesel (PLTD) yang berlokasi di Kutampi yang memiliki total kapasitas terpasang 11.54 MW dan total kapasitas Net 9.2 MW. Terdapat 6 unit pembangkit sewa dan 3 unit pembangkit milik PLN seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1: Daftar Pembangkit Terpasang

No.	Nama Mesin	Pemilik	Bahan Bakar	Tahun Operasi	Kapasitas Terpasang (MW)	Kapasitas Net (MW)
1	PLTD #1	PLN	Diesel	2002	0.50	0.30
2	PLTD #2	PLN	Diesel	2004	0.72	0.55
3	PLTD #3	PLN	Diesel	2015	0.72	0.55
4	PLTD #4	IPP - sewa	Diesel	2014	1.60	1.30
5	PLTD #5	IPP – sewa	Diesel	2014	1.60	1.30
6	PLTD #6	IPP – sewa	Diesel	2014	1.60	1.30
7	PLTD #7	IPP - sewa	Diesel	2014	1.60	1.30
8	PLTD #8	IPP - sewa	Diesel	2014	1.60	1.30
9	PLTD #9	IPP - sewa	Diesel	2014	1.60	1.30
10	PLTB	PLN	Bayu	2010	0.72	0
11	PLTS	PLN	Surya	2010	2x0.03	0.03
<b>TOTAL (non-intermittent)</b>					<b>11.54</b>	<b>9.20</b>

2.2. Kondisi Permintaan Beban

Data beban puncak di sistem Nusa Penida pada tahun 2018 didapat sebesar 8.7 MW yang terjadi pada pukul 20:00 sedangkan beban siang hari sebesar 7 MW. Kurva beban harian berikut menunjukkan beban puncak terjadi di malam hari sedangkan beban terendah terjadi pada dini hari sekitar pukul 3:00



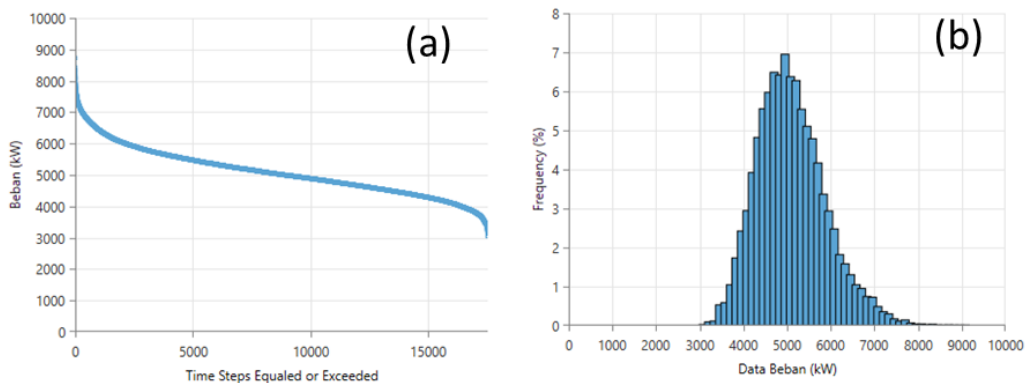
Gambar 2: Rata-Rata Beban Harian Sistem Nusa Penida (Juli 2018)

Simulasi untuk menentukan konfigurasi optimum sistem PLTH dirancang untuk dapat menyuplai beban pada 2018. Pada 2018, sistem Nusa Penida diperkirakan akan membutuhkan rata-rata suplai beban sebesar 122,023 kWh per hari. Berdasarkan data historis beban yang ada dalam kurun waktu 5 tahun terakhir (2013 – 2017), konsumsi energi listrik mengalami kenaikan rata-rata sebesar 20.9% dengan *Load Factor* sebesar 60.8 %.

Tabel 2: Data Historis Beban

Tahun	Konsumsi Energi (kWh)	Beban Puncak (kW)
2013	16.869.380,8	3.169,0
2014	20.177.732,0	3.552,0
2015	23.215.953,3	4.515,0
2016	30.445.231,6	5.915,0
2017	36.823.585,2	7.196,1

Kurva durasi beban dan grafik histogram beban menunjukkan bahwa sistem Nusa Penida memiliki beban dasar sebesar 3 MW dengan nilai beban yang sering terjadi adalah pada kisaran 5,000 kW seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



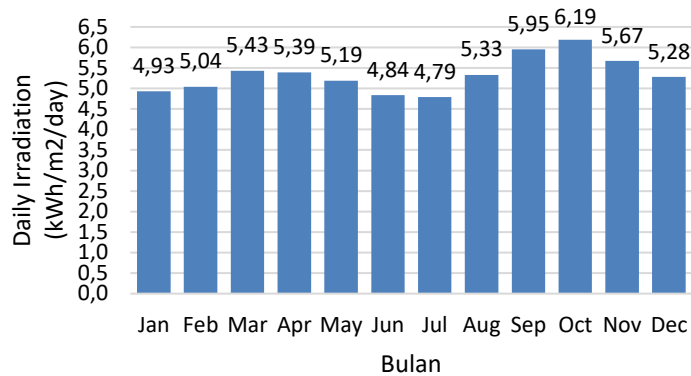
Gambar 3: (a) Kurva Load Duration dan (b) Load Histogram

2.3. Potensi Energi Terbarukan

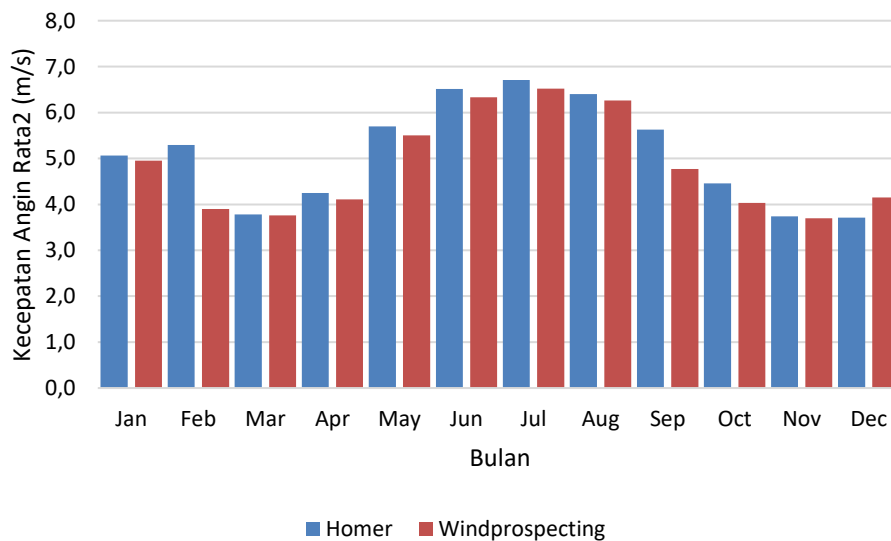
Dalam penelitian ini data-data potensi energi terbarukan didapatkan dari:

1. Data iradiasi matahari diperoleh dari database Homer yang bersumber dari NASA (National Aeronautics and Space Administration) dengan 8° 43” Lintang Selatan dan 115° 32 Bujur Timur, didapat rata-rata iradiasi sebesar 5.34 kWh/m<sup>2</sup>/hari
2. Data kecepatan angin diperoleh dari database Homer dan dari situs Indonesia windprospecting oleh ESDM. Kecepatan angin rata-rata diperoleh sebesar 5.1 m/s untuk data dari Homer dan 4.8 m/s untuk data dari ESDM pada titik koordinat 8° 48” Lintang Selatan dan 115° 34 Bujur Timur

Tampilan rata-rata iradiasi matahari dan rata-rata kecepatan angin tahunan ditunjukkan gambar berikut



Gambar 4: Iradiasi Matahari Rata-Rata dalam setahun



Gambar 5: Kecepatan Rata-Rata dalam setahun

2.4. Perangkat Lunak HOMER

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

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

2.4.1. Simulasi

Perangkat lunak ini akan mensimulasikan pengoperasian sistem pembangkit listrik tenaga hibrida dengan membuat perhitungan keseimbangan energi selama 8.760 jam dalam satu tahun. Untuk setiap jam, HOMER membandingkan kebutuhan listrik ke sistem energi yang dapat memasok dalam jam tersebut, dan menghitung energi yang mengalir dari dan ke setiap komponen dari sistem. Untuk sistem yang mencakup baterai atau bahan bakar - powered generator, HOMER juga memutuskan jam operasi generator, apakah akan dikenakan biaya atau mengosongkan baterai.

2.4.2. Optimasi

Setelah disimulasi, tahapan selanjutnya adalah mengoptimasi semua kemungkinan sistem konfigurasi kemudian diurutkan berdasarkan Nilai Sekarang Bersih ( Net Present Value ) dan biaya listrik (Cost of Electricity, COE) yang dapat digunakan untuk membandingkan sistem desain pilihan.

2.4.3. Analisis Sensitivitas

Ketika variabel sensitivitas ditambahkan, HOMER mengulangi proses optimasi untuk setiap sensitivitas variabel yang menentukan. Misalnya, jika ditetapkan kecepatan angin sebagai sensitivitas variabel, HOMER akan mensimulasikan sistem konfigurasi untuk berbagai kecepatan angin yang telah ditetapkan.

Kelebihan perangkat lunak ini adalah penggunaannya mudah, bisa mensimulasi, mengoptimasi suatu model kemudian secara otomatis bisa menemukan konfigurasi sistem optimum yang bisa mensuplai beban dengan biaya sekarang terendah (NPC), dan bisa menggunakan parameter sensitifitas untuk hasil yang lebih bagus.

Sedangkan kelemahannya adalah perangkat lunak ini keluaran utamanya berupa parameter ekonomi (NPC, COE) bukan model sistem yang terperinci, dan beberapa teknologi energi terbarukan masih belum bisa disimulasikan dengan perangkat lunak ini.

2.5. Perancangan Konfigurasi Sistem

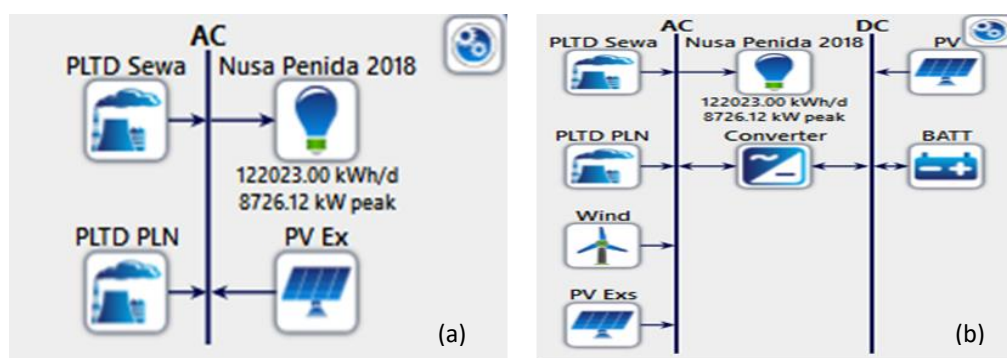
Terdapat dua tipe konfigurasi yang akan dianalisis berdasarkan keadaan yang mungkin terjadi. Pertama adalah konfigurasi sistem eksisting yang terdiri dari PLTD Eksisting dan kedua adalah konfigurasi setelah masuknya PLTH ke sistmem guna membandingkan dengan konfigurasi PLTH

1. Konfigurasi sistem Eksisting

Konfigurasi ini adalah kondisi sistem yang ada di Nusa Penida yang nantinya akan dibandingkan dengan konfigurasi PLTH untuk mendapatkan hasil perbandingan dari kedua jenis konfigurasi tersebut. Konfigurasi ini terdiri dari PLTD Sewa – PLTD PLN – PLTS Eksisting

2. Konfigurasi sistem Sistem PLTH (Surya – Angin – Baterai – Diesel)

Pada konfigurasi ini menggunakan penggabungan sistem PLTH yang terdiri dari PLTS – Baterai – PLTB dengan sistem eksisting yang ada. Pola pembagian pembebanan menggunakan *Cycle Charging* dan *Load Following* antara PLTD yang ada dengan PLTS dan PLTB untuk menyuplai beban dan mendapatkan penjadwalan pembebanan untuk dapat mengurangi penggunaan bahan bakar



Gambar 6: Konfigurasi pada Kondisi (a) Sistem Eksisting dan (b) Sistem dengan PLTH

2.6. Komponen Utama Sistem PLTH

Komponen utama sistem pembangkit hibrida terdiri dari panel surya, turbin angin, baterai, dan generator diesel. Komponen PLTS, Konverter, Baterai dan PLTB diatur untuk di optimisasi secara otomatis untuk dicari kapasitasnya.

Tabel 3: Komponen dan Biaya Sistem Penyusun PLTH

Komponen	Kapasitas	Harga (\$/kW)	Biaya Pengganti (\$/kW)	Biaya Operasi	Umur Pakai
PLTD PLN	1.400	0	0	1.55 \$/MW/jam	15.000 jam
PLTD IPP-Sewa	7.800	0	0	4.75 \$/MW/jam	50.000 jam
PLTS	<i>Auto-Optimize</i>	530.000	530.000	15 \$/kW/thn	25 tahun
Konverter	<i>Auto-Optimize</i>	300.000	300.000	-	15 tahun
Baterai	<i>Auto-Optimize</i>	250.000	250.000	7 \$/kW/thn	18 tahun
PLTB	<i>Auto-Optimize</i>	150.000	150.000	60 \$/kW/thn	20 tahun

3. Hasil dan Analisis

3.1. Hasil Konfigurasi Sistem

Simulasi dan optimasi menggunakan HOMER menghasilkan beberapa konfigurasi yang berbeda sesuai dengan batasan fraksi energi terbarukan. Hasil konfigurasi sistem yang optimal ditentukan oleh besarnya NPC (*Net Present Cost*) terendah, karena NPC adalah biaya keseluruhan sistem selama jangka waktu tertentu. Dari simulasi didapatkan beberapa skenario pembangkit. NPC termurah dimiliki oleh sistem dengan konfigurasi PLTH terdiri dari PLTS – PLTB – Baterai dan PLTD Eksisting sistem yang memiliki NPC 91.3 Mill-US\$.

Tabel 4: Hasil Optimisasi Kapasitas di tiap Konfigurasi Sistem

Parameter Hasil	Kondisi Akhir dengan Beberapa Skenario					
	PLTS - PLTB - Baterai - PLTD	PLTS - Baterai - PLTD	PLTB - Baterai - PLTD	PLTS - PLTB - PLTD	PLTS - PLTD	PLTB - PLTD
NPC (Mill US\$)	91.3	96.7	107.0	96.4	102.0	108.0
<b>Kapasitas PLTH:</b>						
- PLTS (kW)	15,127	21,224	-	11,305	14,681	-
- PLTB (kW)	4,950	-	8,275	6,150	-	10,400
- Baterai (kWh)	10,998	6,164	-	-	-	-
- Converter (kW)	5,154	6,564	5,927	5,143	5,727	-

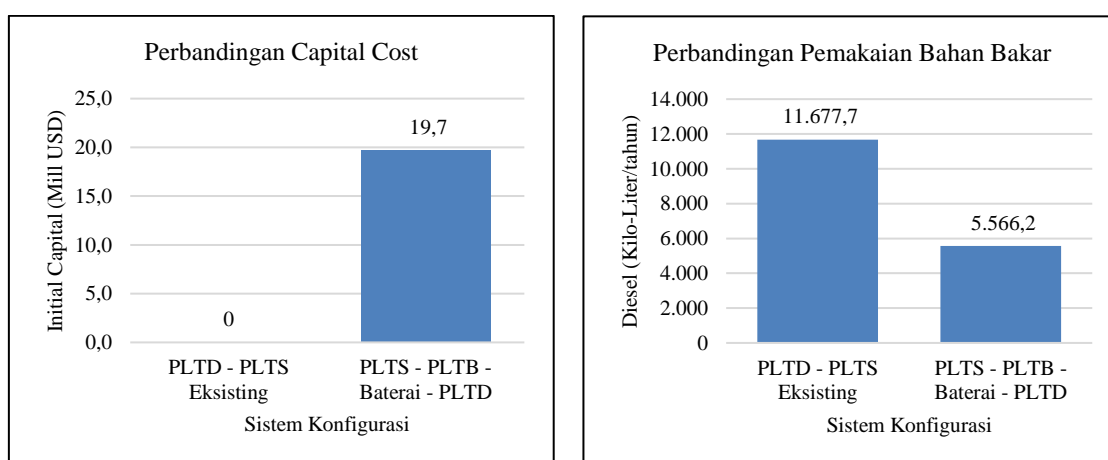
Berikut adalah hasil simulasi detail untuk scenario terbaik dengan dibandingkan dengan kondisi awal dengan nilai kecepatan angin 4.8 m/s.

Tabel 5: Perbandingan hasil Simulasi HOMER

Parameter	Kondisi Awal	Kondisi Akhir Skenario Terbaik
	PLTD - PLTS Eksisting	PLTS - PLTB - Baterai - PLTD
NPC ( \$ )	129,076,400.00	91,321,420.00
Initial Capital Cost ( \$ )	0.00	19,742,905.88
Operating Cost ( \$/tahun )	8,447,531.00	4,684,524.00
COE ( cent\$/kWh )	0.19	0.13
Kontribusi EBT ( % )	0.00	52.20
<b>Total Konsumsi Bahan Bakar ( \$ )</b>		
PLTD PLN 1.400 kW	953,956.03	10,092,373.36
PLTD IPP-Sewa 7.800 kW	123,948,690.83	49,442,880.07
<b>Waktu Operasi Pembangkit (jam/tahun)</b>		
PLTD PLN 1.400 kW	1,241.00	4,749.00
PLTD Sewa 7.800 kW	8,760.00	5,089.00
PLTS Eksisting	4,388.00	4,388.00
PLTB		6,289.00
PLTS		4,388.00
<b>Total Produksi Energi Listrik ( kWh/tahun )</b>		
PLTD PLN 1.400 kW	265,843.00	3,485,648.00
PLTD Sewa 7.800 kW	44,226,784.00	17,806,523.00
PLTS Eksisting	42,252.00	42,252.00
PLTB		11,156,912.00
PLTS		25,566,131.00
Kelebihan energi listrik	0.00	12,823,253.00
<b>Emisi ( kg/tahun )</b>		
Karbon Dioksida, CO <sub>2</sub>	30,621,699.00	14,595,837.00
Karbon Monoksida, CO	156,419.00	75,511.00
Unburned Hydrokarbon, HC	8,408.00	4,008.00
Particulate Matter, PM	1,355.00	646.00
Sulfur dioksida, SO <sub>x</sub>	74,853.00	35,679.00
Nitrogen oksida, NO <sub>x</sub>	30,362.00	14,472.00

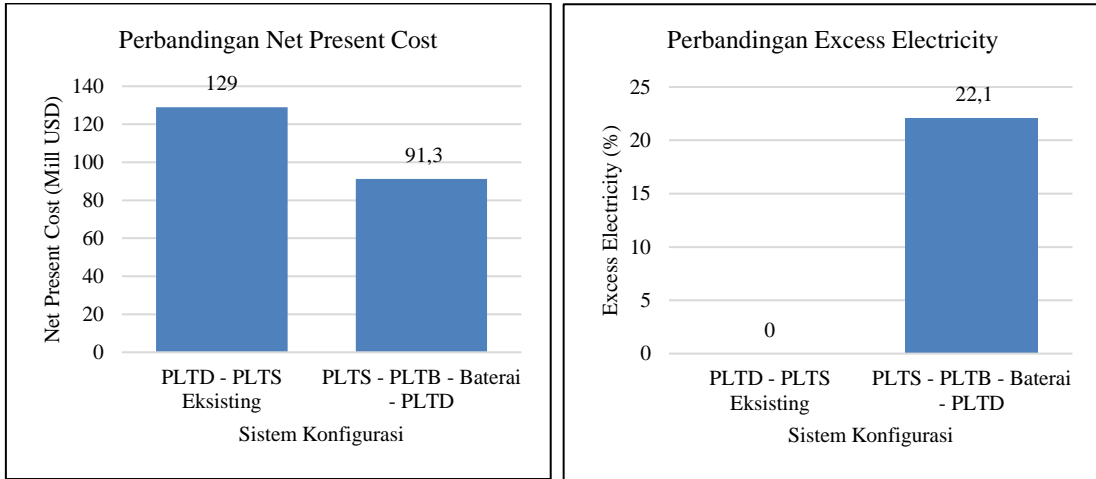
### 3.2. Analisis Parameter

Dari hasil simulasi yang ada dan melihat perbandingan antara konfigurasi sistem eksisting dengan sistem setelah PLTH, maka didapatkan perbandingan dari parameter yang telah ditentukan sebagai berikut

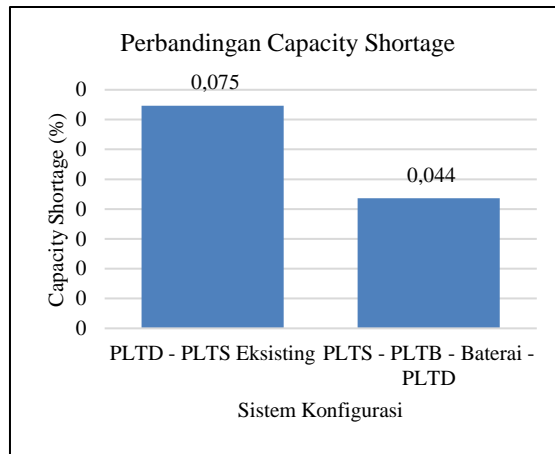


Gambar 7: Perbandingan Biaya Capital Cost dan Pemakaian Bahan Bakar





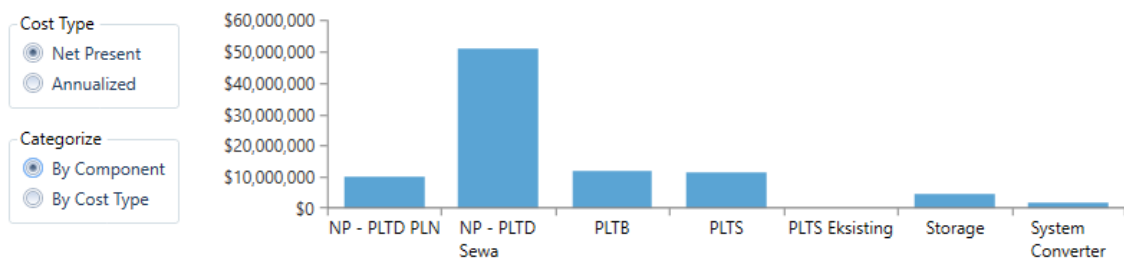
Gambar 8: Perbandingan Biaya NPC dan Kelebihan Tenaga Listrik (*Excess Electricity*)



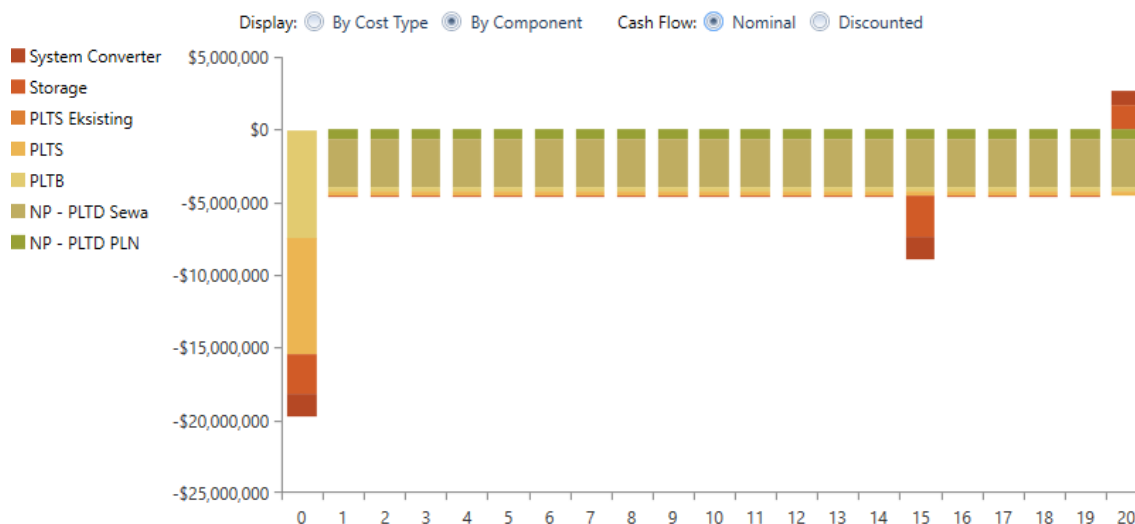
Gambar 9: Perbandingan Capacity Shortage

### 3.3 Biaya – Biaya

*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 penalti emisi, dan biaya suku bunga. Gambar berikut menunjukkan ringkasan biaya NPC sistem PLTH



Gambar 10: Ringkasan Biaya NPC



Gambar 11: Aliran Biaya

Gambar di atas menunjukkan aliran biaya sistem PLTH, dimana pengeluaran terbesar adalah pada tahun awal proyek berjalan yaitu untuk membeli komponen-komponen sistem, kemudian rutin per tahun adalah biaya operasional pembangkit. Sesuai masa operasi pada datasheet baterai, pada tahun ke-15 terdapat pengeluaran untuk mengganti baterai. Sedangkan untuk modul surya dengan masa operasi 25 tahun belum perlu penggantian sepanjang masa proyek 20 tahun.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut

1. Besar kebutuhan energi di sistem Nusa Penida pada 2018 adalah sebesar 44,530 MWh/tahun dengan beban puncak sebesar 8.7 MW dan *Load Factor* sebesar 60%
2. Pada sistem perencanaan PLTH (PLTS – Baterai – PLTB – PLTD) di Nusa Penida ini, didapat hasil optimisasi kapasitas sebesar 15.1 MW untuk PLTS, 4.9 MW untuk PLTB, 10.9 MWh untuk Baterai dan 5.1 MW untuk Konverter
3. COE mengalami penurunan setelah masuknya sistem PLTH yaitu sebesar 13.4 centUS/kWh. Sedangkan COE pada konfigurasi sistem eksisting adalah sebesar 19 cent/kWh

#### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan Hibah Konsorsium Riset Unggulan Perguruan Tinggi KEMENRISTEK DIKTI Tahun 2018 yang berjudul Pengembangan DC Power House Berbasis Sumber Energi Baru Terbarukan (No. 5472/UN2.R3.1/HKP05.00/2018).

#### Daftar Pustaka

- [1] Frankfurt School FS-UNEP Collaborating Centre for climate & Sustainable Energy Finance. Renewable Energy in Hybrid Mini-Grid and Isolated Grids: Economic Benefits and Business Cases. Pages 22-23. 2015
- [2] A. A. Setiawan and C. V. Nayar, "Hybrid Power System for Maldives - Post Tsunami," presented at The First HOMER User Group Webcast hosted by National Renewable Energy Laboratory (NREL) - USA, 2006.
- [3] Fazelpour F, Soltani N, Rosen MA. Economic Analysis of standalone Hybrid Energy System for Application in Tehran, Iran. Sciencedirect International Journal of Hydrogen Energy. 2016; (in this case Vol.41, and page 7732-7743)

- 
- [4] Ardin, Fadolly. Analisis Harga Jual Listrik dan Subsidi Listrik untuk Pembangkit Listrik Hibrida Dalam Skema Off-Grid. Tesis Magister. Depok: Universitas Indonesia; 2016
  - [5] Herlina. Analisa Dampak Lingkungan dan Biaya Pembangkitan Listrik Tenaga Hibrida di Pulau Sebesi Lampung. Tesis Magister. Depok: Universitas Indonesia; 2009.
  - [6] Nugroho, D. Optimisasi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dan Diesel Generator Menggunakan Software HOMER. Tesis Magister. Surabaya: ITS; 2011
  - [7] Bhatt A, Kaushik I. Development Of An Optimized Hybrid System Based On PV And Biomass. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET). 2016; (Volume 3 Issue VI)