

# STUDI ANALISIS PEMBANGKIT LISTRIK HYBRID (DIESEL-ANGIN) DI PULAU KARIMUN JAWA

Ditto Adi Permana<sup>1</sup>, Unggul Wibawa, Ir., M.Sc.<sup>2</sup>, Teguh Utomo, Ir., MT.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Elektro, <sup>2,3</sup>Dosen Teknik Elektro, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

E-mail: ditto.permana@yahoo.com

**Abstrak** - Indonesia dikenal sebagai negeri seribu pulau. Situasi inilah menyebabkan penyebaran sistem tenaga listrik yang tidak merata disetiap wilayah dan memaksa pulau-pulau terpencil untuk menggunakan generator diesel guna memperoleh sumber daya listrik, sebagai contoh pulau Karimun Jawa. Dengan memanfaatkan sumber energi lain seperti energi angin dan menghibridkan kedua sumber energi listrik tersebut guna membantu suplai daya dan juga pengurangan penggunaan bahan bakar *fossil* yang semakin lama semakin menipis, maka dengan bantuan *software* HOMER dapat dilakukan pengoptimasian konfigurasi PLTHybrid (Diesel-Angin) di Pulau Karimun Jawa. Didapat konfigurasi PLTHybrid dengan penggabungan tipe *cycle charge/battery storage* dengan satu buah generator diesel 400 kW dan 72 turbin angin 800 W dengan melakukan pembagian suplai daya dan pola operasi generator guna mengurangi pemakaian BBM. Besar nilai Net Present Cost (NPC) yang menurun sebesar 56,91% dari PLTD existing. Tetapi konfigurasi ini memiliki Capital Cost sebesar \$3563 serta dalam pengadaan komponen PLTHybrid dan biaya perawatan sebesar \$213.326 per tahunnya.. Konfigurasi ini pun juga dapat mengurangi pemakaian BBM sebesar 67,69 % dari PLTD existing.

**Kata kunci** : energi terbarukan, *Hybrid System (Wind-Diesel)*, pulau karimun jawa, HOMER.

## I. PENDAHULUAN

### 1. Latar Belakang

Karimun Jawa adalah suatu pulau di bagian utara dari Kota Jepara, Jawa Tengah yang berpotensi besar di dalam pariwisata. Banyak wisatawan lokal maupun mancanegara berkunjung ke pulau tersebut. Pemandangan bawah laut yang memukau dan sangat memanjakan mata bagi siapa pun yang mengunjungi pulau tersebut dan banyaknya pantai alami yang masih bersih yang siap dinikmati oleh pelancong. Pulau yang mempunyai luasan kurang lebih 78 km<sup>2</sup> ini mempunyai dua pulau besar yaitu Karimun Jawa (2700 ha) dan Kemojan (1400 ha). Di daerah tersebut banyak potensi - potensi pembangkit tenaga listrik alternatif yang diharapkan digunakan untuk mensuplai energi listrik para penduduk yang berjumlah sekitar 9000 jiwa tersebut. Diantaranya ada sumber energi alternatif angin, cahaya, dan pasang surut air laut.

Di daerah tersebut menggunakan PLTD. Jenis pembangkit yang menggunakan bahan bakar *fossil* ini yang sementara ini mensuplai daya listrik

pada pulau tersebut. Bahan bakar *fossil* memang cara yang mudah dan murah dalam membangkitkan tenaga listrik belakangan ini, tetapi semakin lama bahan bakar ini akan cepat habis apabila digunakan terus menerus. PLTD disana sebenarnya cukup untuk mensuplai konsumsi listrik yang dibutuhkan oleh penduduk, tetapi karena semakin lama mahalnya biaya bahan bakar untuk PLTD ke daerah tersebut dan semakin meningkatnya pertumbuhan penduduk, maka suplai daya yang didistribusikan hanya 12 jam saja yaitu pada pukul 16.00 sampai dengan 06.00 WIB.

Untuk mendukung kebutuhan listrik yang ada disana bisa dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan (*renewable*) yang ada di daerah tersebut. Potensi angin disana cukup besar untuk dapat digunakan dalam pembangkitan listrik. Karena daerah tersebut berlokasi di daerah pesisir pantai yang memungkinkan angin berhembus kencang.

Studi analisis pembangkit listrik tenaga angin ini diharapkan dapat menjadi solusi terbaik untuk membantu suplai daya dan mengurangi pemakaian bahan bakar *fossil* di pulau tersebut. Selain cocok dengan kontur lokasinya, pembangkitan ini juga ramah lingkungan sehingga tetap bisa menjaga ekosistem biota laut yang selama ini menjadi ujung tombak mata pencaharian disana.

### 2. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis potensi angin yang ada di pulau tersebut dan menggabungkan kedua jenis pembangkit yang ada disana (PLTD) dengan pembangkit listrik tenaga angin dengan sistem hibrid yang diharapkan dapat memenuhi kebutuhan daya listrik penduduk dan mengurangi penggunaan bahan bakar *fossil*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 1. Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pembangkit listrik tenaga angin (*wind power*) adalah konversi terjadinya energi listrik berdasarkan pada energi gerak/kecepatan angin sehingga energi gerak yang bisa dikonversi menjadi listrik melalui turbin. Perhitungan daya yang dapat dihasilkan oleh sebuah turbin angin adalah sebagai berikut<sup>[1]</sup>.

$$P = \frac{E}{t} = \frac{1}{2} \cdot A \cdot \rho_a \cdot v^3 \text{ Watt} \quad (2.1)$$

Dengan :

$\rho_a$  : kerapatan angin pada waktu tertentu (1,2 kg/m<sup>3</sup>)  
 $v$  : kecepatan angin pada waktu tertentu. (m/s)

## 2. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (Diesel-Angin)

Pada sistem pembangkit listrik ini adalah menggabungkan kedua sumber energi listrik yang ada guna meningkatkan sumber daya dan membantu PLTD dalam mengurai bahan bakar *fossil* yang semakin lama semakin menipis.

### A. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Fungsi probabilitas kerapatan kecepatan angin menurut distribusi Weibull dijelaskan pada persamaan berikut<sup>[2]</sup>.

$$f(v) = \frac{k}{c} \left[ \frac{v}{c} \right]^{k-1} \exp \left[ - \left( \frac{v}{c} \right)^k \right] \quad (2.2)$$

dengan :

$c$  = faktor skala (m/s)

$k$  = faktor bentuk distribusi kecepatan angin

Daya keluaran turbin angin ( $P_{TB}$ ) dipengaruhi oleh kecepatan angin yang terdapat dilokasi dan secara matematis diformulasikan sebagai berikut :

$$P_{TB} = \int_0^v P_{TB}(v) f(v) dv \quad (2.3)$$

$P_{TB}(v)$  adalah daya keluaran turbin angin sebagai fungsi kecepatan angin, sedangkan  $f(v)$  adalah fungsi probabilitas kecepatan angin pada ketinggian rumah turbin, besar daya keluaran turbin angin dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{TB}(v) &= 0 ; v < v_{cut-in} \\ P_{TB} &= P_{nom} ; \frac{v^k - v_{cut-in}^k}{v_{nom}^k - v_{cut-in}^k} v_{cut-in} \leq v \leq v_{nom} \\ P_{TB}(v) &= P_{nom} ; v_{nom} \leq v \leq v_{cut-off} \\ P_{TB}(v) &= 0 ; v > v_{cut-off} \end{aligned} \quad (2.4)$$

dengan :

$v_{cut-in}$  = kecepatan angin minimum saat turbin angin mulai menghasilkan daya listrik (m/s)

$v_{cut-off}$  = kecepatan angin maksimum saat turbin berhenti menghasilkan daya listrik (m/s)

$v_{nom}$  = kecepatan angin nominal saat turbin angin mulai menghasilkan daya listrik nominal (m/s)

persamaan diatas dapat diubah menjadi persamaan sebagai berikut :

$$P_{TB} = P_{nom} \left\{ \frac{\exp \left[ - \left( \frac{v_{cut-in}}{c} \right)^k \right] - \exp \left( \frac{v_{nom}}{c} \right)^k}{\left( \frac{v_{nom}}{c} \right)^k - \left( \frac{v_{cut-in}}{c} \right)^k} - \exp \left[ - \left( \frac{v_{cut-off}}{c} \right)^k \right] \right\}$$

### B. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

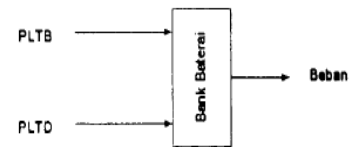
Pembangkit Listrik Tenaga Diesel adalah pembangkit energi listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai penggerak mula (*prime mover*). *Prime mover* merupakan peralatan yang mempunyai fungsi sebagai penghasil energi mekanik yang diperlukan untuk memutar rotor pada generator. Pada PLTD yang berfungsi sebagai *prime mover* adalah mesin diesel<sup>[3]</sup>. PLTD ini merupakan pembangkit energi listrik yang menggunakan bahan bakar *fossil* yang biayanya relatif tinggi dan PLTD ini beroperasi selama 12 jam untuk mensuplai beban. Sumber energi listrik dengan daya keluaran 500 kVA untuk mensuplai 844 pelanggan yang ada di Pulau

Karimun Jawa dengan total beban sebesar 187,388 kW. Dengan biaya bahan bakar yang berkisar kurang lebih antara Rp 11.000 – Rp 12.000 per liternya maka diharapkan ada pemanfaatan sumber daya alternatif guna membantu pengoptimalan sumber energi listrik dan pengurangan penggunaan bahan bakar *fossil* yang ada di pulau Karimun Jawa.

### C. Perencanaan Sistem Hybrid (Diesel-Angin)

Pada sistem ini skema sederhana pembangkit hibrid dapat diasumsikan seperti pada Gambar 2.1. Energi yang dihasilkan pada subsistem pembangkit hibrid ini tidak disalurkan langsung ke beban melainkan digunakan untuk mengisi bank baterai. Beban besar energi total ( $E_{LT}$ ) yang harus disuplai oleh kedua subsistem harus sama dengan energi beban itu sendiri ( $E_L$ ) ditambah dengan rugi-rugi yang terdapat pada baterai ( $E_{LB}$ ) maupun jaringan ( $E_{LJ}$ ), sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$E_{LT} = E_L + E_{LB} + E_{LJ} \quad (2-5)$$



Gambar 2.1 .Skema Pembangkit Hibrid Sederhana PLTAngin dan PLTD

## 3. HOMER

Software HOMER adalah suatu perangkat lunak yang digunakan untuk operasi 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 untuk setiap konfigurasi sistem yang akan dipertimbangkan. Kemudian menentukan konfigurasi yang layak, apakah dapat memenuhi kebutuhan listrik di bawah kondisi yang ditentukan, perkiraan biaya modal, penggantian, operasi dan pemeliharaan, bahan bakar, dan bunga.

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 (NPC) terendah, dan bisa menggunakan parameter sensitifitas untuk hasil yang lebih bagus dan akurat.<sup>[4]</sup>.

## 4. Model Ekonomi

### A. Biaya Net Total Masa Kini (*Net Present Cost*)

Biaya Net Total Masa Kini (*Total Net Present Cost/NPC*) adalah keluaran ekonomi yang paling utama untuk nilai suatu sistem PLTH, HOMER akan mengurutkan data hasil keluaran simulasi dan optimasi berdasarkan nilai NPC

terendah. Total NPC dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$C_{NPC} = \frac{C_{ann,tot}}{CRF(i,R_{proj})}$$

dengan :

- $C_{ann,tot}$  = total biaya tahunan (\$/tahun)
- $CRF()$  = faktor penutupan modal
- $i$  = suku bunga (%)
- $R_{proj}$  = lama waktu suatu proyek
- $N$  = jumlah tahun

Sedangkan faktor penutupan modal bisa didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$CRF(i, N) = \frac{i(1+i)^N}{(1+i)^N - 1}$$

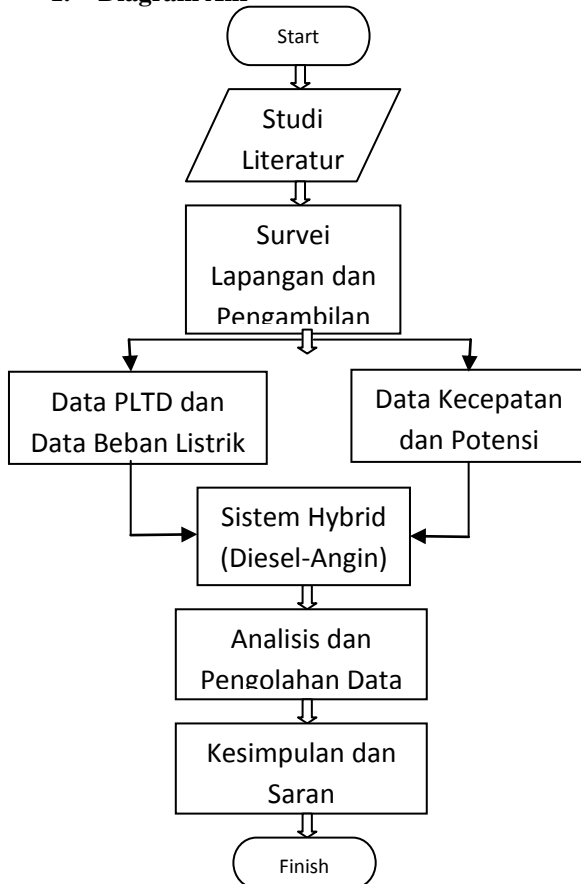
### B. Syarat Batas Biaya Energi (Levelized Cost of Energy)

Levelized Cost of Energy (COE) didefinisikan sebagai biaya rata-rata per kWh produksi energi listrik yang terpakai oleh sistem. Untuk menghitung COE biaya produksi energi listrik tahunan dibagi dengan total energi listrik terpakai yang diproduksi. Berikut adalah persamaannya<sup>[5]</sup>.

$$COE = \frac{\text{total annualized cost}}{\text{consumption energy} \left(\frac{\text{kw h}}{\text{year}}\right)}$$

## III. Metode Penelitian

### 1. Diagram Alir



### 2. Survei Lapangan dan Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data primer dan sekunder, adapun data primer yang diperlukan meliputi data potensi angin, besar daya PLTD setempat, dan besar beban

pelanggan. Sedangkan data sekunder meliputi data jenis-jenis turbin angin yang ada di pasaran dan rumus-rumus untuk dapat menghitung atau mengolah data primer yang telah didapatkan.

### 3. Analisis dan perhitungan

Ada dua kriteria pada analisis dan pengolahan data disini, yaitu ditinjau dari segi teknis dan segi ekonomis. Segi teknis mengolah data primer dengan menggunakan rumus-rumus dan bantuan *software* HOMER guna mendapatkan hasil elektris seperti pembagian daya, *excess electricity*, dan faktor-faktor lainnya dari konfigurasi sistem. Segi ekonomis mengolah data primer dengan menggunakan rumus-rumus dan bantuan *software* HOMER guna mendapatkan hasil ekonomis seperti NPC (*Net Present Cost*), *Initial Cost*, *Capital Cost*, dan faktor lain dari konfigurasi sistem yang akan digunakan.

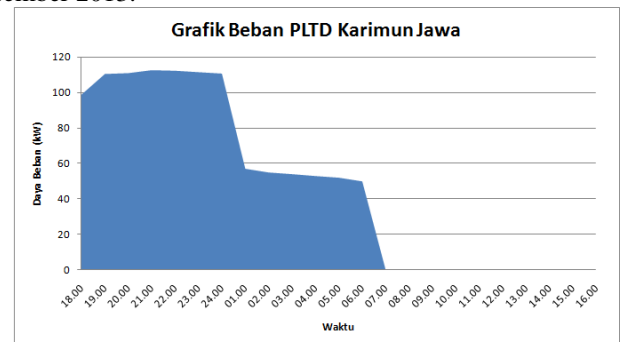
### 4. Penutup

Berdasarkan data dari hasil perhitungan, hasil simulasi dan pembahasan maka ditarik kesimpulan. Saran dapat ditambahkan untuk pengembangan dan penelitian selanjutnya.

## IV. Hasil dan Pembahasan

### 1. Kurva Beban Listrik

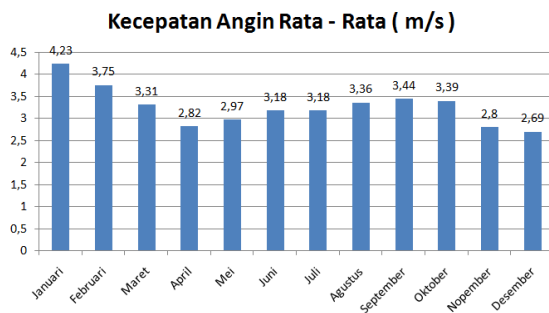
Gambar 4.1 menunjukkan pola beban yang terdapat pada pulau Karimun Jawa. Data ini berdasarkan data sekunder yang didapatkan dari PLTD Karimun Jawa dengan beban tertinggi pada 112,65 kW dengan penggunaan antara pukul 17.00-24.00 dan beban rendah pada 57,09 kW dengan penggunaan antara pukul 24.01-06.00. Data yang digunakan adalah data beban satu hari tertanggal 1 Desember 2013.



Gambar 4.1 Kurva Beban pulau Karimun Jawa

### 2. Potensi Energi Angin

Pada pulau Karimun Jawa yang merupakan pesisir pantai memiliki potensi sumber daya terbarukan, salah satunya adalah kecepatan angin. Pada daerah pesisir pantai seperti ini kecepatan angin cenderung besar dibandingkan dengan daerah lain yang sekiranya mampu untuk membangkitkan potensi energi angin. Dalam hal ini dengan melakukan pengukuran dan perbandingan dari BMKG Kota Semarang didapatkan kecepatan angin rata-rata bulanan sebagai berikut.



Gambar 4.2 Grafik Kecepatan Angin di Pulau Karimun Jawa

Berdasarkan kecepatan angin yang ada pada Gambar 4.2 diatas, maka dapat dihitung potensi daya yang dapat dibangkitkan oleh angin. Dengan menggunakan persamaan 2.4, sebagai contoh kecepatan angin pada bulan Januari dengan kecepatan 4,23 m/s, maka didapat besar potensi dayanya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{1}{2} \cdot A \cdot \rho_a \cdot v^3 \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 1,2 \cdot 1,25 \cdot 4,23^3 \\
 &= 188,46 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Sehingga dalam satu tahun potensi daya yang dihasilkan adalah seperti pada tabel dibawah ini.

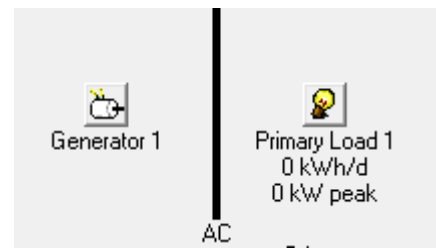
Bulan	Daya yang Dihasilkan (Watt)
Januari	188,46
Februari	131,30
Maret	90,29
April	55,84
Mei	65,23
Juni	80,07
Juli	80,07
Agustus	94,45
September	101,36
Oktober	97,00
November	54,66
Desember	48,46

### 3. Perencanaan Konfigurasi

Terdapat dua tipe konfigurasi perencanaan yang akan dianalisis berdasarkan keadaan yang mungkin terjadi. Seperti salah satunya adalah konfigurasi PLTD yang terlebih dulu ada di Karimun Jawa guna membandingkan dengan konfigurasi PLTH.

#### 1. Konfigurasi PLTD

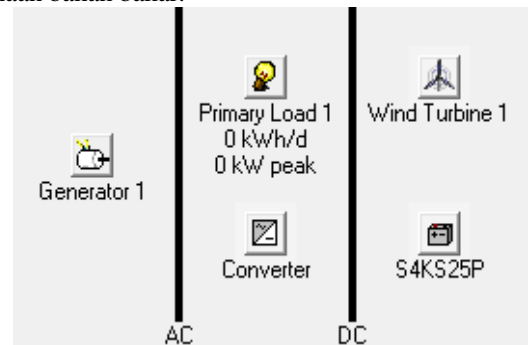
Pada konfigurasi ini adalah konfigurasi yang ada di Karimun Jawa yang nantinya akan dibandingkan dengan konfigurasi PLTH untuk mendapatkan hasil perbandingan dari kedua jenis konfigurasi tersebut.



Gambar 4.3 Konfigurasi PLTD Existing

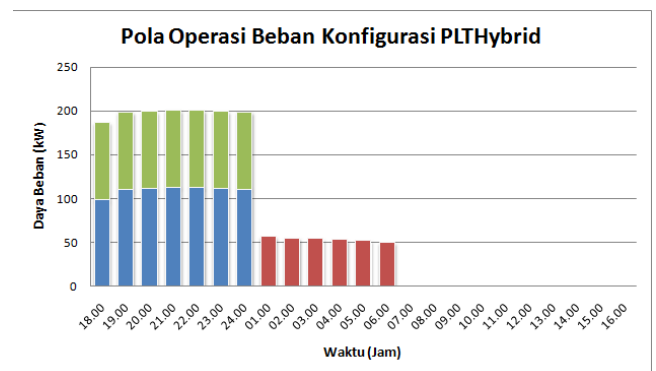
#### 2. Konfigurasi PLTH (Diesel-Angin)

Pada konfigurasi ini menggunakan penggabungan *cycle charge/battery storage* yang mana generator dengan kapasitas 400 kW mengalami pembagian suplai beban dengan turbin angin dan mendapatkan penjadwalan untuk dapat mengurangi penggunaan bahan bakar.



Gambar 4.4 Konfigurasi PLTH (Diesel-Angin)

Pola penyalaan generator merupakan salah satu hal yang penting mengingat proporsi generator diesel cukup besar dalam penyaluran beban dan penggunaan bahan bakar. Maka diperlukan pola penjadwalan generator diesel dan pola operasi beban pada konfigurasi ini agar dapat bekerja secara optimal dan penghematan bahan bakar.



Gambar 4.5 Pola Penjadwalan PLTH

### 4. Perhitungan Komponen Sistem

Dalam perencanaan PLTH ada komponen-komponen pendukung yang perlu diperhatikan meliputi kapasitas turbin angin, baterai, dan konverter. Berikut adalah perhitungan yang dilakukan dalam menentukan kapasitas komponen yang dipakai.

### 1. Turbin Angin

Penentuan turbin angin ini dilakukan dengan acuan beban dasar dari pola beban yang akan disuplai oleh turbin angin. Turbin angin ini akan bekerja mensuplai beban pada pukul 24.01 hingga 06.00 dengan besar beban 50,09 kW. Dengan mempertimbangkan kecepatan angin yang rata-rata 3,29 m/s, maka digunakan turbin angin merk Kestrel e230i dengan kapasitas beban 800 W guna mensuplai besar beban tersebut.

### 2. Baterai

Kapasitas baterai dihitung berdasarkan besar kapasitas turbin angin yang terpasang, tegangan kerja sistem dan besarnya *Depth of Discharge* (DOD) baterai sebesar 20%. Karena tegangan keluaran turbin angin adalah 200 VDC dan tegangan baterai 12 V, maka baterai disusun seri sebanyak 17 buah.

Kapasitas Baterai =  $\frac{E_B}{V_B \times DOD} = \frac{57090 \text{ Wh}}{200 \times 0,2} = 1427,25 \text{ Ah}$   
 Menganggap kapasitas baterai 1400 Ah dan baterai yang digunakan dengan kapasitas 100 Ah, maka baterai harus diparalel sebanyak 14 buah, maka total baterai adalah 238 buah

### 3. Konverter

Konverter akan banyak beroperasi pada saat turbin angin beroperasi. Pada saat ini konverter akan bekerja sebagai inverter. Maka kapasitas konverter ditentukan melihat kapasitas terpasang dari turbin angin yaitu 120 kW

## 5. Data Komponen

Berikut adalah data komponen yang akan dimasukkan ke dalam *software* HOMER.

Tabel 4.1 Data Komponen Input HOMER

Komponen	Kapasitas	Harga	Biaya Pengganti	Umur Pakai
Generator Diesel	400 kW	\$0	\$5000,00	15000 jam
Turbin Angin	800 W	\$2341,00	\$2341,00	15 tahun
Baterai	100 Ah	\$1145,00	\$1145,00	3 tahun
Konverter	120 kW	\$77,03	\$77,03	15 tahun

HOMER juga membutuhkan data sensitifitas untuk menghasilkan simulasi sesuai dengan keadaan yang sebenarnya, seperti halnya kurun waktu simulasi, indeks bunga dan harga BBM. Berikut adalah data yang dimasukkan ke dalam *software* HOMER menyesuaikan dengan keadaan yang berlaku di Indonesia.

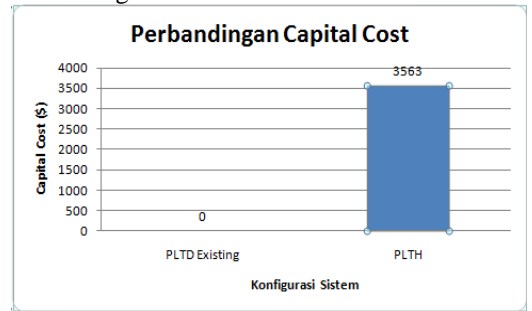
Tabel 4.2 Data Sensitifitas Input HOMER

Project Lifetime	25 tahun
Indeks Bunga	7,50%
Harga BBM	\$0.9900

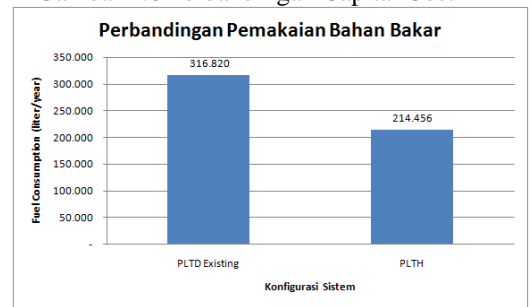
## 6. Analisis Parameter

Dari hasil simulasi yang dilakukan kepada kedua konfigurasi sistem, maka didapatkan perbandingan dari parameter yang telah ditentukan.

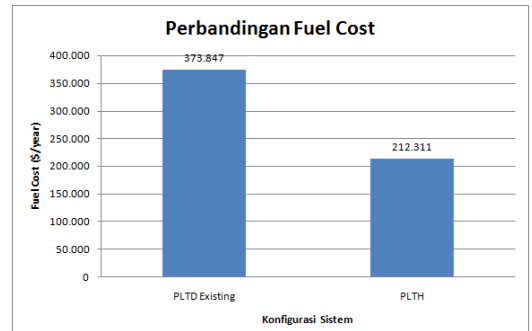
### 1. Perbandingan Parameter



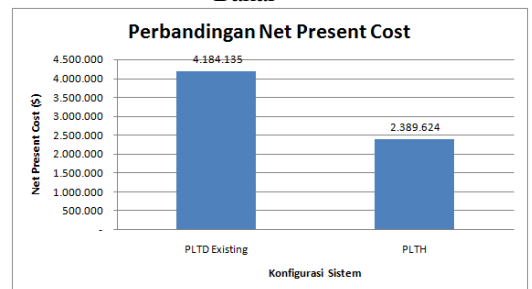
Gambar 4.6 Perbandingan Capital Cost



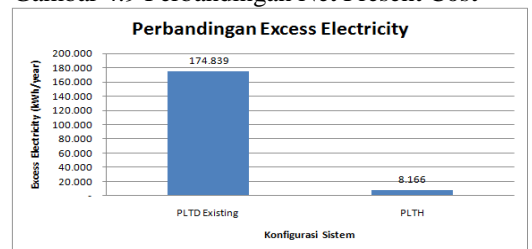
Gambar 4.7 Perbandingan Pemakaian Bahan Bakar



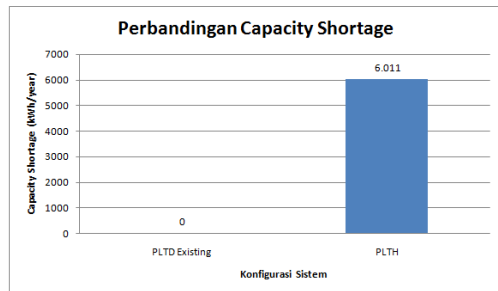
Gambar 4.8 Perbandingan Biaya Bahan Bakar



Gambar 4.9 Perbandingan Net Present Cost



Gambar 4.10 Perbandingan Excess Electricity



Gambar 4.11 Perbandingan *Capacity Shortage*

## 2. Variabel Sensitifitas

Pada analisis ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari beberapa parameter terhadap berjalannya sistem. Pada variabel sensitifitas diberikan berupa kemungkinan yang akan terjadi pada beberapa tahun mendatang yang terkait dua kemungkinan, yaitu kenaikan jumlah beban dan kenaikan harga BBM. Menganggap kenaikan sebesar 5% dan 10% pada tiap-tiap kemungkinannya, maka didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4.3 Pengaruh Kenaikan Beban Terhadap *Capacity Shortage*

Konfigurasi Sistem	PLTD Existing	PLTH
Capacity Shortage (\$)	0	1,370
Capacity Shortage (\$) dengan kenaikan 5%	0	1,430
Capacity Shortage (\$) dengan kenaikan 10%	0	1,507

Dari batasan *capacity shortage* yang telah ditentukan sebelumnya, maka kedua konfigurasi memiliki tingkat kualitas pelayanan energi yang cukup baik dikarenakan tidak ada salah satu konfigurasi yang melebihi batas yang telah ditentukan. Dengan kenaikan 5% dan 10% tidak begitu berpengaruh terhadap kenaikan konfigurasi yang telah ditentukan. Hal ini akan sangat berbeda hasilnya jika penambahan beban diiringi oleh penurunan sistem dalam memenuhi kebutuhan beban akan energi listrik.

Tabel 4.4 Pengaruh Kenaikan Harga BBM Terhadap Nilai NPC

Konfigurasi Sistem	PLTD Existing	PLTH
Net Present Cost (\$)	4.184.135	2.381.496
Net Present Cost (\$) dengan kenaikan 5%	4.393.341	2.500.570
Net Present Cost (\$) dengan kenaikan 10%	4.602.548	2.619.645

Secara umum nilai NPC akan naik dengan meningkatnya proporsi penggunaan PLTD. Begitu juga dengan meningkatnya harga bahan bakar yang digunakan untuk pengoperasian generator Diesel. Sehingga sedikit kenaikan harga BBM dapat mempengaruhi nilai NPC yang dihasilkan. Maka,

dilihat dari nilai NPC pada konfigurasi energi terbarukan yang cenderung kecil, disinilah peran dari sumber energi terbarukan untuk mengatasi pengurangan pemakaian bahan bakar fosil.

## V. Penutup

### A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Besar daya beban yang tersambung di Pulau Karimun Jawa adalah 500 kVA atau sebesar 400 kW dan jumlah pemakaian energi yang ada di pulau Karimun Jawa dengan total 844 pelanggan adalah 234,236 kVA atau 187,388 kW
2. Pada sistem perencanaan PLTHybrid (Diesel-Angin) di pulau Karimun Jawa ini adalah dengan penggabungan *cycle charging/battery storage* yaitu PLTD juga mengisi daya pada baterai dengan kelebihan energi yang dihasilkannya. Dengan penjadwalan operasi PLTD maka dengan adanya PLTAngin dapat membantu penyuplaian daya sebesar 7% dari total beban yang ada.
3. Pada analisis segi ekonomis, penggunaan konfigurasi PLTHybrid (Diesel-Angin) semakin banyak energi terbarukan yang digunakan, maka Capital Cost juga sangat besar. Tetapi, berdasarkan nilai NPC yang rendah yaitu \$2.381.496 atau berkurang 56,91% dari konfigurasi PLTD yaitu sebesar \$4.184.135 dan pemakaian BBM yang rendah yaitu \$214.456 /tahun atau berkurang 67,69% dari pemakaian sebelumnya, maka penggunaan BBM semakin berkurang mengingat BBM adalah salah satu aspek terbesar pada pengeluaran biaya.

### B. Saran

Dari hasil penelitian, disarankan untuk dapatnya dilakukan dalam penelitian selanjutnya :

1. Mengembangkan penelitian pada daerah pesisir yang memiliki kecepatan dan periode angin yang lebih merata pada setiap waktu.
2. Mengembangkan penelitian untuk meningkatkan efisiensi pada komponen-komponen PLTH (Diesel-Angin).
3. Meneliti lebih jauh tentang energi terbarukan khususnya energi angin.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wagner, H J and Mathur, J, 2009, *Introduction to Wind Energy Systems : Basic, Technology, and Operation*. Germany : Springer
- [2] Nurhalim, *Studi Analisis Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Pembangkit Hibrida*, [http // jst.eng.unri.ac.id/index.php/jst](http://jst.eng.unri.ac.id/index.php/jst). (Diakses 5 November 2013)

- [3] Herlina, 2009, *Analisa Dampak Lingkungan dan Biaya Pembangkitan Listrik Tenaga Hibrida di Pulau Sebesi Lampung*. Jakarta : Universitas Indonesia
- [4] Nugroho,D, 2011, *Optimisasi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dan Diesel Generator Menggunakan Software HOMER*. Surabaya : ITS
- [5] Prityatomo, A, 2009, *Analisa Hasil Simulasi HOMER untuk Perancangan Sistem Energi Terbarukan pada BTS (Base Transceiver Station) Pecatu Bali*. Jakarta : Universitas Indonesia
- [6] Olsen, T and McKenna, E, 1996, *Hybrid Energy System Cost Analysis: San Nicolas Island, California*. USA : NREL
- [7] Pakpahan, S, 2006, *Sistem Wind-Diesel untuk Pembangkit Listrik di Lokasi dengan Kecepatan Angin Menengah di Indonesia*. Bandung : LAPAN
- [8] Hunter, R and Elliot, G , 1994, *Wind Diesel Systems*. Australia : Cambrige University

