

## Kajian Teknis Dan Ekonomis Penerapan Sistem Hibrid BAPV-PLN Pada Gedung Politeknik Aceh

Rachmad Ikhsan  
Politeknik Aceh

Jln. Politeknik Aceh, Desa Pango Raya, Kec. Ulee Kareng, Kota Banda Aceh, 23119  
rachmad.ikhsan@politeknikaceh.ac.id

*Abstrak*— Potensi radiasi matahari yang cukup besar (rata-rata 4,65 kWh/m<sup>2</sup>/hari) di wilayah Banda Aceh dapat dimanfaatkan untuk membangun sistem hibrid BAPV (*Building Applied Photovoltaic*)-PLN. Namun, penerapan sistem konversi energi surya menjadi energi listrik kurang berkembang di Aceh. Kondisi ini disebabkan oleh harga teknologi modul surya masih dianggap mahal bagi masyarakat. Studi ini juga melakukan kajian secara teknis dan ekonomis dari sistem BAPV yang diterapkan. Kajian teknis yang digunakan bertujuan menentukan apakah jumlah energi yang dihasilkan oleh sistem BAPV dapat memenuhi jumlah beban listrik pada Gedung Politeknik Aceh. Sementara kajian ekonomis bertujuan memperkirakan biaya investasi yang diperlukan untuk menerapkan sistem BAPV dan menentukan kapan sistem BAPV bernilai ekonomis. Metode yang digunakan pada kajian teknis yaitu perhitungan secara teori, sedangkan metode yang digunakan untuk kajian ekonomis adalah metode *Life Cycle Cost*. Dari hasil kajian teknis, energi yang dihasilkan oleh sistem BAPV ini dapat memenuhi kebutuhan energi listrik tahunan dengan *surplus* energi sebesar 6.017 kWh/tahun. Dari hasil kajian ekonomis, sistem ini bernilai ekonomis karena memiliki nilai NPV (*Net Present Value*) sebesar Rp. 1.310.803.600 dan nilai PP (*Payback Periode*) selama 14 Tahun. Berdasarkan kajian teknis dan ekonomis dapat disimpulkan penerapan sistem hibrid BAPV-PLN ini dapat dilaksanakan karena bernilai ekonomis.

*Kata kunci*: BAPV, hibrid, kajian teknis, kajian ekonomis

*Abstract*— The solar radiation (an average of 4.65 kWh / m<sup>2</sup> / day) in the Banda Aceh is potential to be utilized to build a BAPV (*Building Applied Photovoltaic*) hybrid system. However, the implementation of solar energy conversion system into electrical energy in Aceh is still undeveloped. This happened because the price of solar module technology is still considered expensive for the community. This study also conducts technical and economic studies of the applied BAPV system. The technical studies are used to determine whether the amount of energy generated by the BAPV system can meet the amount of electrical load at the Aceh Polytechnic Building. While the economic study is aimed to estimate the investment, costs required to implement the BAPV system and to determine when the BAPV system is economical. The method used in the technical study calculating theoretically while the method used for economic review is the life cycle analysis method. From the technical studies, energy generated by this BAPV system can meet the needs of annual electrical energy with an energy surplus of 6,017 kWh / year. Meanwhile, from the results of economic studies, this system is economical because it has a NPV (*Net Present Value*) of Rp. 1.310.803.600 and the PP (*Payback Period*) value for 14 Years. Based on those technical and economic studies, it can be concluded that the implementation of BAPV-PLN hybrid system can be implemented because of its economic value.

*Keyword* : BAPV, hybrid, technical Studies, economical studies

### 1. Pendahuluan

Potensi radiasi matahari yang cukup besar (rata-rata 4,65 kWh/m<sup>2</sup>/hari) di wilayah Banda Aceh dapat dimanfaatkan untuk membangun sistem hibrid BAPV (*Building Applied Photovoltaic*)-PLN [1]. Namun, penerapan sistem konversi energi surya menjadi energi listrik kurang berkembang di Aceh. Kondisi ini disebabkan oleh harga teknologi modul surya masih dianggap mahal bagi masyarakat [2], untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu adanya kajian teknis dan ekonomis pada penerapan sistem BAPV. Kelebihan yang dimiliki oleh teknologi BAPV berupa tidak adanya kebisingan, tingkat polusi yang sangat minim,

serta sumber energi yang selalu tersedia yaitu energi Matahari [3], maka sistem BAPV dapat dijadikan sebagai pembangkit alternatif dari energi fosil yang persediaan sumber energinya semakin menurun tiap tahunnya[4].

Untuk melihat sistem tersebut dapat berjalan dengan optimal perlu dilakukan kajian teknis agar dapat dilihat besarnya energi yang dibutuhkan dan juga energi yang dapat dihasilkan oleh suatu sistem hibrid BAPV-PLN dalam melayani kebutuhan energi listrik pada Gedung Politeknik Aceh. Kajian ekonomis juga diperlukan agar dapat dilihat besarnya total biaya yang dibutuhkan serta untuk melihat lamanya waktu

pengembalian modal awal pada penerapan sistem tersebut. Sehingga dari hal tersebut masyarakat dapat melihat nilai manfaat dalam penerapan sistem tersebut dan menjadi pertimbangan dalam menerapkan sistem *hibrid* BAPV-PLN. Bangunan yang digunakan sebagai kajian teknis ekonomis penerapan BAPV yaitu bangunan Gedung Politeknik Aceh dengan posisi penempatan modul surya pada posisi atap Gedung, posisi atap dipilih agar dapat maksimal untuk menangkap radiasi Matahari yang optimal [2], disisi lain bangunan Gedung Politeknik Aceh merupakan gedung tertinggi diantara bangunan sekitarnya yaitu 15 meter, sehingga rugi-rugi yang ditimbulkan oleh efek *shading* (efek bayangan) dari bangunan lain sangat minim. Beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan *Life Cycle Cost* penerapan photovoltaik, diantaranya [5], [6] dan [7], ada beberapa perbedaan dengan penelitian ini, dimana pada penelitian ini tidak hanya menghitung *Life Cycle Cost*, akan tetapi pada penelitian ini juga menghitung lamanya waktu pengembalian modal awal (*payback periode*) serta menghitung nilai bersih sekarang (*Net Present Value*) yang didapat pada penerapan sistem tersebut. Penelitian ini juga mengkaji sistem hibrid yang akan dibangun berdasarkan kondisi dari setiap sensor yang digunakan.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Building Applied Photovoltaic (BAPV)

BAPV merupakan bagian dari strategi untuk mengaplikasikan suatu modul surya menjadi bagian dari suatu bangunan [8]. Konsep BAPV sendiri merupakan suatu perpaduan antara nilai estetika, teknologi konstruksi, produksi energi dan aspek lingkungan [9]. Pada saat sekarang ini aplikasi BAPV dimasukkan ke dalam pembangunan Gedung sebagai pokok atau sumber tambahan daya listrik. Keunggulan ini membuat BAPV salah satu segmen yang tumbuh paling cepat dari industri modul surya [10]. Salah satu contoh penggunaan BAPV pada Bangunan Gedung dapat dilihat pada Gambar 2.1 di bawah ini.



**Gambar 2.1** Aplikasi BAPV Pada Atap Suatu Bangunan [11]

### 2.2 Komponen BAPV

Sistem BAPV secara keseluruhan terdiri dari komponen utama berupa *PV System* dan komponen pendukung BAPV berupa baterai, inverter, *charger controller* [8].

#### a. Faktor Yang Mempengaruhi Energi Keluaran Panel Surya

Untuk menentukan energi keluaran dari panel surya maka hal yang tidak kalah penting adalah mengetahui beberapa faktor yang dapat mempengaruhi energi keluaran panel surya, diantaranya yaitu [8] :

- Intensitas Radiasi Matahari (*Irradiance*)
- Spektrum (*Spectrum*)
- Sudut Datang Sinar Matahari (*Angle of Incidence*)
- Suhu (*temperature*)
- Orientasi Panel Surya
- Kecepatan Angin Bertiup
- Keadaan Atmosfir Bumi
- Bayangan (*Shading*)

### 2.3 Sistem Hybrid BAPV-PLN

Sistem *hibrid* merupakan integrasi antara dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda [12]. Pada penelitian ini integrasi pembangkit yang dipilih adalah pembangkit dari PLN dengan pembangkit dari sistem BAPV. Proses kendali sistem *hibrid* antara BAPV dan PLN dilakukan oleh unit kontroler. Dalam hal ini kontroler yang digunakan yaitu PLC (*Programable Logic Controller*). PLC dipilih sebagai pengatur atau unit kendali dalam menentukan pembangkit mana yang akan bekerja pada setiap kondisi. Selain PLC, komponen yang tidak kalah penting adalah ATS, secara sederhana fungsi ATS adalah untuk melakukan transfer daya secara otomatis ke beban, dari sebuah sumber utama (BAPV) ke sumber cadangan (PLN) ketika terjadi kekurangan daya pada sumber utama [13].

### 2.4 Analisa Life Cycle Cost

Analisa *life cycle cost* (LCC) merupakan salah satu metode yang ditawarkan dalam rangka penghitungan biaya yang lebih akurat dan lebih mendukung dalam pengambilan keputusan serta dapat diaplikasikan baik pada perusahaan ataupun dalam menjalankan sebuah proyek [5]. Definisi *Life Cycle Cost* adalah biaya yang bersangkutan dengan produk selama daur hidupnya yang meliputi biaya pengembangan selama proses perancangan, desain dan pengujian. Dalam melakukan analisa *Life Cycle Cost* dibutuhkan biaya-biaya yang relevan, antara lain biaya awal (*present value*), biaya operasional dan perawatan (*maintenance*), biaya energi, biaya penggantian, dan nilai sisa [5].

## 2.5 Studi Kelayakan Bisnis

Studi kelayakan bisnis pada dasarnya bertujuan untuk menentukan kelayakan bisnis berdasarkan kriteria investasi [14].

Kriteria tersebut diantaranya adalah;

1. Nilai bersih kini (*Net Present Value= NPV*)
2. Rasio manfaat biaya (*Gross Benefit Cost Ratio = Gross B/C*)
3. *Net Benefit Cost Ratio= Net B/C*)
4. Tingkat pengembalian internal (*Internal Rate of Return= IRR*)
5. *Profitability ratio(PV/K)*
6. Jangka waktu pengembalian modal investasi (*Payback Period= PP*)

## 3. Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan adalah simulasi dan juga perhitungan secara teori. Objek yang dikaji adalah penerapan sistem hibrid BAPV-PLN Gedung Politeknik Aceh di kota Banda Aceh.

### 3.1 Teknik yang Digunakan

Teknik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dan mendapatkan jawaban hasil penelitian yaitu dengan cara melakukan perhitungan secara teori untuk perhitungan energi yang dihasilkan dan proses perhitungan analisa biaya *Life Cycle Cost*

dengan metode *present worth (Nilai Sekarang)* menggunakan software excell.

### 3.2 Prosedur Penelitian

Penelitian mengenai kajian teknis dan ekonomis penerapan sistem hibrid BAPV-PLN pada atap Gedung Politeknik Aceh dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

1. Mengestimasi kebutuhan energi dari data pemakaian energi listrik pada Gedung Politeknik Aceh.
2. Mengestimasi energi yang dihasilkan dengan tahapan :
  - a. Menghitung jumlah panel surya
  - b. Mencoba beberapa teknologi atau bahan sel surya
  - c. Menentukan posisi atau letak panel surya
  - d. Menghitung kapasitas baterai

Pada saat panel surya tidak bekerja maksimal akibat cuaca yang kurang baik, maka kebutuhan energi di ambil dari baterai, jika arus pada baterai tidak mencukupi, maka arus dari PLN yang akan disalurkan ke dalam sistem BAPV. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.8.



**Gambar 3.1** Blok Diagram Sistem Kendali Hibrid BAPV-PLN Gedung Politeknik Aceh

Prinsip kerja blok diagram pada gambar 3.8 yaitu sistem kendali hibrid bekerja berdasarkan sensor tegangan pada panel surya dan sensor tegangan baterai. jika sensor 1 pada kondisi Off dan sensor 2 pada kondisi Off maka beban akan disuplai oleh PLN, selanjutnya PLN akan *mencharging* baterai. Jika sensor 1 pada kondisi Off dan sensor 2 On maka beban akan disuplai oleh baterai. Jika sensor 1 pada kondisi On dan Sensor 2 pada kondisi Off maka beban akan disuplai oleh BAPV dan melakukan proses *charging*, dan jika kedua sensor pada kondisi

On maka beban akan disupai oleh BAPV dan tidak melakukan proses *charging*. Apabila kondisi surplus energi, maka daya dari BAPV akan masuk ke jaringan PLN melalui inverter *bi-directional*.

- e. Menghitung kapasitas *charge controller*
- f. Menghitung kapasitas inverter
- g. Menentukan sudut kemiringan panel pada posisi atap gedung
- h. Menentukan Jenis Kabel

Dari data konsumsi energi listrik, didapatkan nilai tertinggi penggunaan energi listrik pada Gedung

Politeknik Aceh terjadi pada bulan April tahun 2014 yaitu 609,3 kWh/hari. Akan tetapi karena sistem pembagian beban BAPV=80% dan PLN=20 %, maka total beban yang ditangani oleh sistem BAPV menjadi 487,4 kWh/hari. Sehingga nilai daya yang dibutuhkan adalah :

$$P_p = \frac{L}{\eta_c \times \eta_b \times \eta_{i_i} \times \eta_{cna}} \times 487,4k \text{ h/ha}$$

$$P_p = \frac{487,4k \text{ h/ha}}{95\% \times 95\% \times 96\% \times 95\%}$$

$$P_p = 444,5k \text{ h/ha}$$

Setelah  $P_p$  didapatkan, maka selanjutnya adalah mencari total daya yang dihasilkan ( $P_{peak}$ ) :

$$P_p = \frac{P_p}{P}$$

$$P_p = \frac{444,5k \text{ h/ha}}{3,3h/ha}$$

$$P_p = 134,7k$$

Setelah  $P_{peak}$  didapatkan, selanjutnya adalah menghitung jumlah panel surya, dikarenakan sistem tegangan yang digunakan adalah 12 Volt dan daya per panel surya adalah  $P_{pm} = 200 \text{ Wp}$ , maka semua panel surya dihubungkan paralel, sehingga jumlah panel surya yang terhubung paralel adalah :

$$N_p = \frac{P_p}{P_m}$$

$$N_p = \frac{134,7k}{200W}$$

$$N_p = 674 \text{ b h}$$

Jika luas modul PV adalah  $A_m = 1,31 \text{ m}^2$ , maka luas area PV yaitu :

$$A = N_p \times A_m$$

$$A = 674 \text{ b h} \times 1,31m^2$$

$$A = 882m^2$$

Setelah luas area PV didapatkan, selanjutnya adalah menghitung kapasitas baterai. Jika waktu penggunaan

baterai maksimal 1 hari dan DOD (*Depth Of Discharge*) atau tingkat kedalaman pengosongan baterai adalah 80 %, maka:

$$C_b = \frac{N}{D \times \eta_b}$$

$$C_b = \frac{1 \times 487,4k \text{ h}}{80\% \times 95\%}$$

$$C_b = 48236Ah$$

$$C_b = 129 \text{ b h b d k c 375 Ah 12V}$$

Setelah kapasitas baterai didapatkan, maka selanjutnya adalah menentukan kapasitas charger controller, dimana untuk mendapatkan kapasitas charger controller, harus mengetahui nilai  $I_{sc}$  Panel Surya, yaitu  $I_{sc} = 8,81 \text{ A}$ , sehingga kapasitas charger controller adalah :

$$C_{cna} = I_s \times N_p$$

$$C_{cna} = 8,81 \text{ A} \times 674 \text{ b h p}$$

$$C_{cna} = 5934 \text{ A a 99 B h Cha Cc d k pa 6}$$

Selanjutnya menentukan kapasitas inverter yang akan digunakan, yaitu :

$$C_{ii} = V_m \times I_m \times N_p$$

$$C_{ii} = 25,3 \text{ V } 7,91 \text{ A } 674 \text{ b h}$$

$$C_{ii} = 135k$$

### 3. Menganalisa biaya melalui metode *Life Cycle Cost*

Nilai *Life Cycle Cost* didapatkan melalui perhitungan investasi sistem BAPV seperti biaya investasi awal meliputi biaya komponen BAPV, biaya pemasangan rak panel dan biaya instalasi sistem BAPV. Komponen biaya yang termasuk dalam sistem BAPV adalah pembelian panel surya, baterai, inverter, *charge controller*. Untuk biaya instalasi rak panel sudah dipaketkan untuk 1 panel surya dan terhitung juga biaya pengiriman komponen rak panel.

**Tabel 3.1** Estimasi Biaya Awal (*Initial Cost*) Sistem Hibrid BAPV -PLN Gedung Politeknik Aceh

No	Nama Peralatan	Volume	Unit	Unit Biaya(Rp)	Total Biaya (Rp)
1	Panel Surya 200 Wp	674	Buah	4.125.000	2.778.408.000
2	Inverter 135 kW Bidirectional	1	Buah	520.990.400	520.990.400
3	Baterai 12 V 375 Ah	129	Buah	6.538.000	840.982.940
4	ATS 220/380 V	1	Buah	84.500.000	84.500.000
5	PLC Twido	1	Buah	4.500.000	4.500.000
6	Sensor Tegangan 5 Volt	2	Buah	50.000	100.000
7	Charger Controller Tri Star 60	99	Buah	15.925.000	1.574.984.075
8	Kabel PV diameter 6 mm <sup>2</sup>	882	meter	11.200	9.878.152



9	Biaya Pengiriman	1	Paket	16.000.000	16.000.000
10	Biaya instalasi dan Setting BAPV	1	Paket	20.000.000	20.000.000
11	Rak Panel Surya	674	Buah	470.000	316.570.124
12	Biaya Instalasi rak panel surya	1	Paket	10.000.000	10.000.000
13	Biaya pengiriman material	1	Paket	1.000.000	1.000.000
Total biaya awal					6.177.913.691
Total biaya Tanpa Baterai					5.336.930.751

**Tabel 3.2** Nilai Sisa Peralatan Sistem Hibrid BAPV-PLN Pada Gedung Politeknik Aceh

No	Nama peralatan	Harga Perolehan(Rp)	Umur Ekonomis	Nilai Sisa * (Rp)	Depresiasi per tahun (Rp)
1	Panel Surya 200 Wp	2.778.408.000	20	277.840.800	125.028.360
2	Inverter bidirectional 150 kW	520.990.400	5	52.099.040	93.778.272
3	ATS 220/380	84.500.000	5	8.450.000	15.210.000
4	Baterai 12 V 375 Ah	840.982.940	3	84.098.294	252.294.882
5	PLC Twido Schneider	4.500.000	5	450.000	810.000
6	Sensor Tegangan	100.000	5	10.000	18.000
7	Charge Controller Tri Star 60	1.574.984.075	5	157.498.408	283.497.134
8	Kabel PV	9.878.152	10	987.815	889.034
9	Rak Panel Surya	316.570.124	20	31.657.012	14.245.656
	Total Nilai Sisa	6.130.913.691		613.091.369	785.771.337

\*kebijakan manajemen, nilai sisa dihitung 10% dari harga perolehan aset

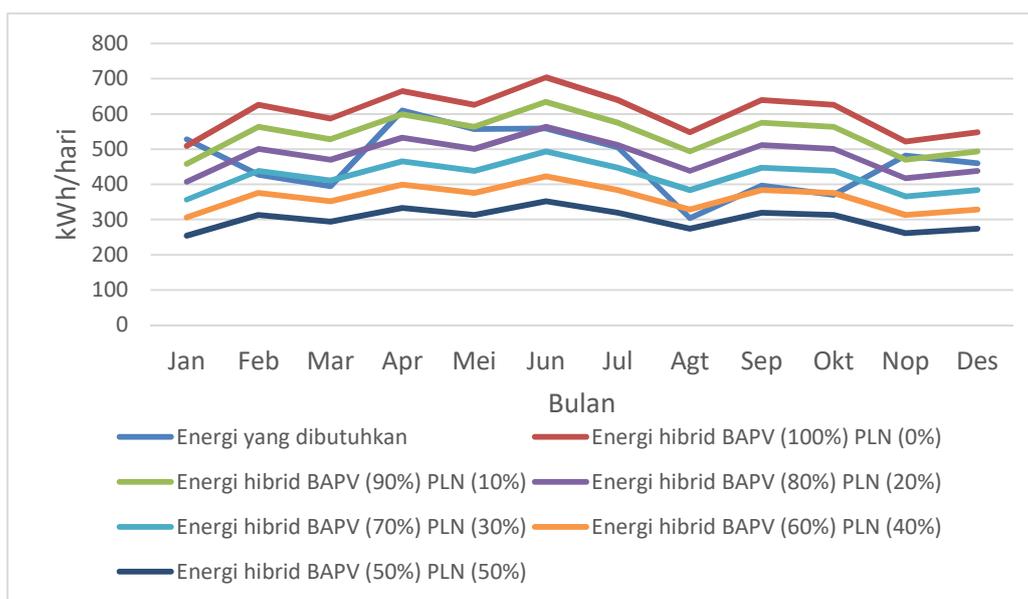
#### 4. Hasil dan Pembahasan

##### 4.1 Hasil Kajian Teknis

Perbandingan antara energi yang dihasilkan dengan energi yang dibutuhkan terdapat pada gambar 4.1.

**Tabel 4.1** Rasio pembagian beban sistem hibrid BAPV-PLN

% PV	Kapasitas PV (kW)	Energi yang dihasilkan BAPV (kWh/hari)	Energi yang ditangani oleh PLN (kWh/hari)	Total Biaya (Rp)
100	168,4	609,3	0	7.697.367.113
90	152	548,4	60,9	6.937.640.402
80	135	487,4	121,9	6.177.913.691
70	118	426,5	182,8	5.418.186.979
60	101	365,6	243,7	4.658.460.268
50	84,2	304,7	304,7	3.575.589.557



**Gambar 4.1** Perbandingan energi yang dibutuhkan dengan energi yang dihasilkan oleh sistem hibrid BAPV-PLN

Dari tabel 4.1 dapat dilihat bahwa total daya yang dihasilkan paling tinggi adalah 168,4 kW, pembagian sistem hibrid BAPV=100% dan PLN=0%, total biaya yang diperlukan, yaitu Rp. 7.697.367.113. Apabila pembagian sistem hibrid BAPV=80% dan PLN=20%, total daya yang dihasilkan paling rendah adalah 84,2 kW, pembagian sistem hibrid BAPV = 50% dan PLN=50%, total biaya yang diperlukan, yaitu Rp. 3.575.589.557.

Dari gambar 4.1 dapat dilihat bahwa energi yang dihasilkan paling optimum adalah energi dengan pembagian sistem hibrid BAPV=80 % dan PLN=20%, dikarenakan energi yang dihasilkan dari sistem tersebut tidak tinggi nilainya dan juga tidak rendah nilainya, total biaya yang diperlukan yaitu Rp. 6.177.913.691. Defisit energi terjadi pada bulan-bulan tertentu, seperti pada bulan Januari sebesar 121,3 kWh/hari, bulan April sebesar 77 kWh/hari, bulan Mei sebesar 56,4 kWh/hari, bulan Nopember sebesar 64,4 kWh/hari, dan bulan Desember sebesar 21,9 kWh/hari. Pada bulan yang lain terdapat kelebihan energi (*surplus energy*) seperti pada bulan Februari sebesar 73,4 kWh/hari, bulan Maret sebesar 75,1 kWh/hari, bulan Juni sebesar 4,3 kWh/hari, bulan Juli sebesar 6,2 kWh/hari, bulan Agustus sebesar 134,8 kWh/hari, bulan September sebesar 114,5 kWh/hari dan bulan Oktober sebesar 130,8 kWh/hari. Energi yang dihasilkan oleh sistem hibrid BAPV-PLN yaitu 176.535 kWh/tahun atau 490,37 kWh/hari dengan *surplus* energi sebesar 6.017 kWh/tahun.

Pemilihan teknologi bahan *monocrystalline* mengacu kepada *data sheet* bahan *monocrystalline* dan *polycrystalline* seperti tegangan Voc (Tegangan *Open Circuit*). Pada bahan *monocrystalline* tegangan Voc jauh lebih besar nilainya dibandingkan dengan bahan *polycrystalline* yaitu pada bahan jenis Mono Voc nya adalah 30,34Volt DC, sedangkan pada bahan *poly*, Voc nya adalah 30,29 Volt DC. Selanjutnya jika dilihat pada efisiensi modul, bahan *monocrystalline* juga jauh lebih besar nilai efisiensinya dibandingkan dengan bahan jenis *polycrystalline*, jika pada bahan *mono* nilai efisiensinya adalah 15,27 %, maka pada bahan jenis *poly*, nilai efisiensinya adalah 14,51 %. Berat modul surya jenis *poly* juga jauh lebih berat dibandingkan dengan modul surya jenis Mono, yaitu pada modul *poly* beratnya adalah 15 Kg, sedangkan pada modul *mono* beratnya adalah 10,8 Kg. Semakin berat modul yang digunakan, maka semakin berkurang pula daya tahan bangunan untuk menopang modul surya tersebut.

Sudut kemiringan panel surya yang digunakan disesuaikan dengan posisi *latitude* dari Gedung Politeknik Aceh yaitu 5°, mengingat sudut 5° terlalu landai yang dapat mengakibatkan terjadinya penumpukan kotoran debu dan juga efek panas yang ditimbulkan dari gedung serta kurang efektifnya dalam pemeliharaan secara natural (oleh air hujan), maka sudut kemiringan panel surya ditambah 20°, sehingga sudut yang digunakan dalam penerapan sistem hibrid BAPV-PLN menjadi 25°.

#### 4.2 Hasil Kajian Ekonomis

Adapun hasil kajian ekonomis terbagi ke dalam dua macam yaitu analisa *life cycle cost* dan studi kelayakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada

sub bab di bawah ini.

**A. Analisa Life Cycle Cost**

Analisa *Life Cycle Cost* ini menggunakan pendekatan ekivalen metode nilai sekarang (*Present Worth Method*). Perhitungan besarnya *Present Worth* menggunakan biaya-biaya yang terdapat dalam Tabel 3.1 sampai dengan Tabel 3.4 yaitu dengan menggunakan :

- a. Tingkat suku bunga (i) : 15 %
- b. Periode analisa (n) : 20 tahun

- c. Present time / tahun ke – 0 : tahun 2016
- d. Inflasi diabaikan

a. LCC Modelling

1. LCC Modelling Tanpa Nilai Sisa

*Life Cycle Cost Modelling* dibuat untuk memperlihatkan persentase dari tiap kategori biaya di dalam *Life Cycle Cost* [3]. Pada Sistem Hibrid BAPV-PLN Gedung Politeknik Aceh.

**Tabel 4.2** Persentase LCC tiap Kategori Biaya

No	Kategori Biaya	LCC (Rp)	Percentase
1	Biaya Awal	6.177.913.691	66,62%
2	Biaya Operasional dan Perawatan	59.911.396	0,65%
3	Biaya Penggantian	3.035.935.567	32,74%
	Total LCC	9.273.760.653	100%

2. LCC Modeling dengan Nilai Sisa

Jika memasukkan Nilai Sisa Peralatan dalam *Life Cycle Cost* sistem hibrid BAPV-PLN Pada

Gedung Politeknik Aceh, maka persentase dari tiap kategori biaya berubah.

**Tabel 4.3** Persentase Pada Setiap Kategori Biaya Dengan Memasukkan Nilai Sisa

No	Kategori Biaya	LCC (Rp)	Percentase
1	Biaya Awal ( <i>Initial Cost</i> )	6.177.913.691	62,49%
2	Biaya Operasional dan Perawatan ( <i>O/M Cost</i> )	59.911.396	0,61%
3	Biaya Penggantian ( <i>Replacement Cost</i> )	3.035.935.567	30,71%
4	Nilai Sisa ( <i>Residual Cost</i> )	613.091.369	6,20%
	Total LCC	8.660.669.284	100%

Dengan menggunakan *Present Worth Method* pada tingkat suku bunga (i) = 15% dan periode analisa (n) = 20 tahun, total biaya hidup (*Life Cycle Cost*) dari Proyek Hibrid BAPV-PLN Gedung Politeknik Aceh adalah sebesar Rp. 9.934.458.110 dengan rincian sebagai berikut:

- a. *Initial Cost* sebesar Rp. 6.177.913.691, *Operational and Maintenance* sebesar Rp. 59.911.396 dan *Replacement Cost* sebesar Rp. 3.035.935.567.

Pada LCC Modelling, dapat dilihat bahwa persentase tiap kategori biaya terhadap biaya total jika tanpa memperhitungkan nilai sisa, yaitu *Initial Cost* sebesar 66,62%, *Operational and Maintenance Cost* sebesar 0,65%, dan *Replacement Cost* sebesar 32,74%, sedangkan jika memperhitungkan nilai sisa, maka persentase tiap kategori biaya berubah menjadi, yaitu *Initial Cost* sebesar 62,49%, *Operational and Maintenance Cost* sebesar 0,61%, *Replacement Cost* sebesar 30,71%, dan *Residual Cost* sebesar 6,20%. Dari LCC Modelling juga dapat diketahui bahwa

dengan atau tanpa memperhitungkan nilai sisa, persentase terbesar dari *Life Cycle Cost* pada Proyek Hibrid BAPV-PLN Gedung Politeknik Aceh adalah *Initial Cost*.

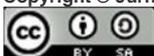
**B. Studi Kelayakan**

Adapun studi kelayakan pada proyek sistem hibrid BAPV-PLN pada atap Gedung Politeknik Aceh, mengikuti ketentuan sebagai berikut :

a. **Penyusunan Cashflow**

Penyusunan *cashflow* menggunakan beberapa asumsi di antaranya :

- Tingkat Suku Bunga = 15%
- Discount Factor = 20 %
- Umur ekonomis sistem BAPV = 20 Tahun
- Harga Jual Energi Listrik = 17 \$/kWh



**Tabel 4.4** Hasil Evaluasi Studi Kelayakan

No	Parameter Evaluasi	Hasil Perhitungan	Kriteria Kelayakan Proyek
1	NPV	Rp. 1.310.803.600	NPV > 0
2	PP	14 Tahun	PP < Umur Ekonomis Proyek
3	BCR	0,94	BCR > 0
4	IRR	17 %	IRR > 0

Dari tabel 4.4 dapat dilihat bahwa, hasil perhitungan NPV yaitu Rp. 1.310.803.600 yang berarti proyek ini menguntungkan, sesuai dengan kriteria kelayakan proyek NPV > 0 dan waktu pengembalian modal (*Payback Periode*) juga tidak melebihi umur ekonomis dari suatu pembangkit yaitu 14 Tahun. Rasio keuntungan antara biaya yang ditunjukkan oleh BCR merupakan angka yang positif yaitu 0,94 dan yang terakhir yaitu IRR yang diperoleh sebesar 17 %. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut proyek sistem hibrid BAPV-PLN pada atap gedung Politeknik Aceh dapat direalisasikan karena memenuhi kriteria studi kelayakan

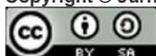
## 5. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini yaitu :

- Dari hasil kajian teknis, diperoleh desain yang sesuai untuk penerapan sistem BAPV pada Gedung Politeknik Aceh, yaitu sistem dengan daya output yang dapat melayani 80 % dari beban maksimum tahunan.
- Hasil perhitungan kajian ekonomis didapatkan nilai NPV Rp. 1.310.803.600 dan lama waktu pengembalian modal awal (*Payback Periode*) 14 tahun, yang berarti proyek ini menguntungkan sesuai dengan kriteria kelayakan proyek NPV > 0 dan *Payback Periode* tidak melebihi umur peralatan BAPV.

## Daftar Pustaka

- [1] I. D. Sara “Analisis Potensi Kondisi Suhu dan Radiasi Sinar Matahari di Kota Banda Aceh untuk Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.” Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro (2014): 142-145.
- [2] K. A. Joshi, N. M. Pindoriya. “Impact Investigation of Rooftop Solar PV System: A Case Study in India.” Innovative Smart Grid Technologies Europe, 2012. ISGT 2012. 3rd IEEE PES. 2012: 1-8.
- [3] M. M. Rahman, L. K. Haur, H. Y. Rahman. “Building Integrated Photovoltaic (BIPV) in Malaysia: An Economic Feasibility Study.” Elixir Finance 45 (2012): 7683-7688.
- [4] C. O. C. Oko, E.O. Diemuodeke, N.F. Omunakwe, E. Nnamdi. “Design and Economic Analysis of a Photovoltaic System: A Case Study.” International Journal of Renewable Energy Development 3 (2012): 65-73.
- [5] T. Firsani, C. Utomo. “Analisa Life Cycle Cost pada Green Building Diamond Building Malaysia.” Jurnal Teknik ITS Vol. 1, No. 1, Sept. 2012.
- [6] A. Q. Jakhrani, A. K. Othman, A. R. H. Rigit, S. R. Samo, L. P. Ling, R. Bains. “Cost Estimation of A Standalone Photovoltaic Power System in Remote Areas of Sarawak Malaysia.” NED University Journal of Research, Thematic Issue On Energy, 2012.
- [7] B. O. Agajelu, O. G. Ekwueme, N. S. P. Obuka, Gracefield O.R. Ikwu. “Life Cycle Cost Analysis of a Diesel/Photovoltaic Hybrid Power Generating System.” International Institute for Science Technology and Education (IISTE), Vol.3, No.1, 2013.
- [8] T. James, A. Goodrich, M. Woodhouse, R. Margolis, S. Ong, “Building-Applied Photovoltaics (BAPV) in the Residential Sector: An Analysis of Installed Rooftop System Prices”, National Renewable Energy Laboratory, Nov. 2011.
- [9] A. M. Memari, L. D. Iulo, R. L. Solnosky, C. R. Stultz, “Building Integrated Photovoltaic Systems for Single Family Dwellings: Innovation Concepts,” Open Journal of Civil Engineering, 2014: 102-119.
- [10] S. Ziuku, E. L. Meyer. “Economic Viability of a Residential Building Integrated Photovoltaic Generator in South Africa.” International Journal of Energy and Environment, Volume 3. Issue 6. 2012: 905-914.
- [11] Viridian Solar Factory and Design Centre, Papworth, Cambridge, UK (2016. Des 21). 45 kWp Solar PV Installation for Commercial Building. [Online]. Available :<http://www.viridiansolar.co.uk/Galleries/PV>
- [12] D. P. Sari, R. Nazir. “Optimalisasi Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Diesel Generator-Photovoltaic Array Menggunakan Homer (Studi Kasus : Desa Sirilogui, Kabupaten Kepulauan Mentawai).” Jurnal Nasional Teknik Elektro, Maret 2015
- [13] L. S. Mulia, M. Shidiq, Soeprapto. “Analisis Teknik dan Ekonomi Power Hibrida (*Photovoltaic*-PLN) di Jurusan Elektro Fakultas Teknik Brawijaya Malang.” Jurnal Universitas Brawijaya, Vol 2, No. 7, 2014.
- [14] M. S. Sree, S. Arunkumar, K. K. Murugavel. “Feasibility Study for the Net Metering



Implementation in Residential Solar PV Installations across Tamil Nadu.” International Conference On Computation Of Power, Energy, Information and Communication (ICCPETC). 2014. [15] Data Sheet Panel Surya Monocrystalline AE M6-48 Series 200W-225W

