

# KAJIAN ENERGI PENERAPAN BUILDING APPLIED PHOTOVOLTAICS (BAPV) PADA ATAP GEDUNG POLITEKNIK ACEH

RachmadIkhsan<sup>1</sup>, Ira Devi Sara<sup>2</sup>, danRakhmad Syafutra Lubis<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>JurusanTeknikElektro, FakultasTeknik, UniversitasSyiah Kuala

<sup>1</sup>[ikhsan3186@gmail.com](mailto:ikhsan3186@gmail.com), <sup>2</sup>[ira.sara@gmail.com](mailto:ira.sara@gmail.com), <sup>3</sup>[rakhmadslubis@gmail.com](mailto:rakhmadslubis@gmail.com)

## ABSTRACT

*The problem in this research involves undeveloped BAPV usage yet and also still minimal the usage of solar modules application on a building in the region of Banda Aceh, especially in office building, institution building, and others. For these reasons, the author conducts an energy assessment of BAPV system. The method used in this study of energy is simulation using helioscope software and theoretical calculations. The monthly average of electrical energy required in 2015 was 12.3 MWh per month or 411 kWh per day, if the estimated rise of energy usage by 10% in the next year, the energy generated annually from BAPV system on the roof of the Aceh Polytechnic Building at 18 MWh per month or 600.5 kWh per day with a capacity charge controller used is 5861.8 A and the capacity of used battery is 64.487 Ah, or 172 batteries with a voltage of 12 volt with each capacity of 375 Ah and the used panel tilt angle is 25°.*

**Keywords :** BAPV, Energy Assessment, Solar Module, Helioscope, Tilt Angel

## ABSTRAK

Permasalahan pada penelitian ini menyangkut masih belum berkembangnya pemakaian BAPV juga masih minimnya pemakaian atau aplikasi modul surya pada Gedung di wilayah Banda Aceh, khususnya di Gedung Perkantoran, Gedung Institusi dan lain-lain. Dari hal tersebut muncul ide penulis untuk melakukan suatu kajian energi sistem BAPV. Metode yang digunakan pada kajian energi yaitu melalui simulasi menggunakan software *helioscope* dan juga perhitungan secara teori. Energi listrik yang dibutuhkan rata-rata perbulannya pada tahun 2015 adalah 12,3 MWh perbulan atau 411 kWh perharinya, jika diestimasi adanya kenaikan penggunaan energi sebesar 10 % pada tahun berikutnya maka energi yang dihasilkan pertahun dari sistem BAPV pada atap Gedung Politeknik Aceh yaitu sebesar 18 MWh perbulan atau 600,5 kWh perharinya dengan kapasitas *charge controller* yang digunakan adalah 5861,8 A dan kapasitas baterai yang digunakan adalah 64.487 Ah atau 172 buah baterai dengan tegangan 12 Volt dengan masing-masing kapasitas sebesar 375 Ah dan sudut kemiringan panel (tilt angel) yang digunakan yaitu 25°.

**Kata kunci :** BAPV, Kajian Energi, Modul Surya, Helioscope, Tilt Angel

## I. PENDAHULUAN

Penerapan BAPV (Building Applied Photovoltaics) atau biasa disebut dengan penggunaan modul surya pada sebuah bangunan masih belum berkembang di Aceh. Masih minimnya kajian ekonomis sistem

BAPV pada gedung di wilayah Banda Aceh, khususnya di Gedung Perkantoran dan Gedung Institusi. Selain beberapa alasan di atas masyarakat juga masih beranggapan bahwa membangun sistem BAPV membutuhkan modal awal yang cukup besar. Dari hal tersebut muncul ide penulis untuk

melakukan suatu kajian ekonomis berupa analisa *life cycle cost* atau analisa biaya siklus hidup dari suatu sistem BAPV dengan periode analisa yaitu 10 tahun. Selain kajian ekonomi di atas perlu juga dilakukan kajian energi untuk dapat dilihat besarnya energi yang dapat dihasilkan oleh suatu sistem BAPV dan juga energi yang dibutuhkan. Untuk melihat besarnya energi yang dihasilkan maka harus dibangun suatu sistem BAPV dengan beberapa input parameter yang digunakan sebagai acuan, mulai dari besarnya intensitas radiasi matahari, sudut kemiringan panel surya, efek *shading* sampai teknologi bahan panel surya yang paling baik digunakan pada sistem BAPV.

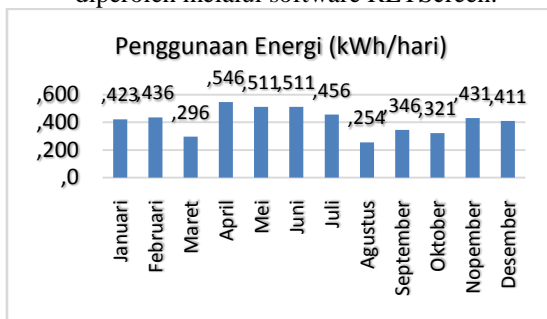
Bangunan yang digunakan sebagai kajian ekonomis dan kajian energi penerapan BAPV yaitu bangunan gedung Politeknik Aceh dengan posisi penempatan modul surya yaitu pada posisi atap gedung, posisi atap dipilih karena posisi tersebut adalah posisi paling optimal dalam menangkap radiasi Matahari [1], disamping itu juga bangunan gedung Politeknik Aceh merupakan gedung tertinggi diantara bangunan sekitarnya yaitu 15 meter, sehingga rugi-rugi yang ditimbulkan oleh efek *shading* dari bangunan lain sangat minim.

## II. METODE PENELITIAN

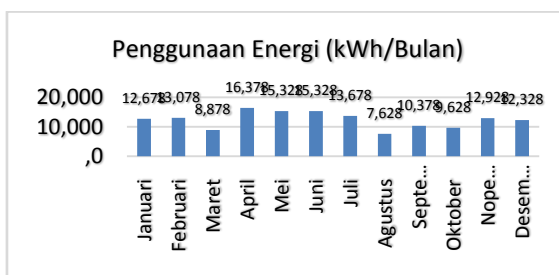
Penelitian mengenai *life cycle cost* penerapan sistem hybrid BAPV-PLN pada atap Gedung Politeknik Aceh dilakukan dengan prosedur sebagai berikut :

1. Mengestimasi kebutuhan energi dari data pemakaian energi listrik selama setahun yaitu tahun 2015. Data yang ditampilkan adalah data pemakaian energi listrik kWh/hari dan kWh/Bulan. Data pemakaian energi listrik dapat dilihat pada grafik di bawah ini.
2. Mengestimasi energi yang dihasilkan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

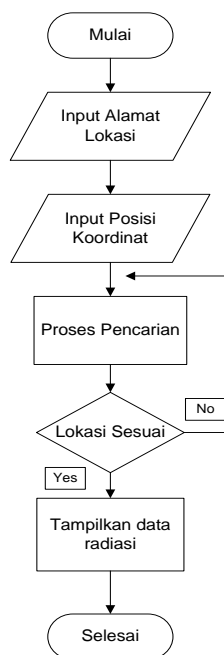
- a. Melakukan pengukuran intensitas radiasi matahari melalui data yang telah diperoleh melalui software RETScreen.



Gambar 1. Grafik Penggunaan Energi Listrik Gedung Politeknik Aceh dalam kWh/hari Tahun 2015



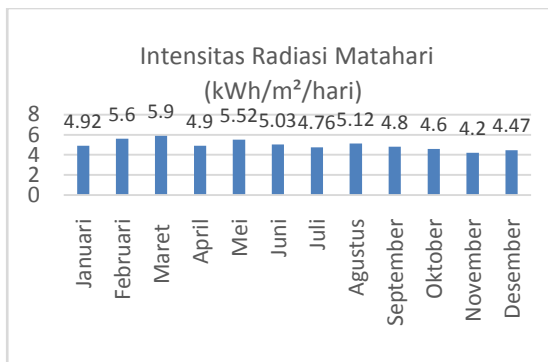
Gambar 2. Grafik Penggunaan Energi Listrik Gedung Politeknik Aceh dalam kWh/Bulan Tahun 2015



**Gambar 3.**Diagram Alir Pengambilan Data Radiasi Matahari

Proses estimasi radiasi matahari dilakukan dengan cara memilih posisi lokasi data iklim dengan memasukkan nama negara, kemudian provinsi selanjutnya lokasi daerah yang ingin dilihat tingkat radiasinya. Untuk lebih presisi maka digunakan peta google map sesuai dengan posisi Gedung Politeknik Aceh. Flowchart di atas menjelaskan bagaimana tahapan-tahapan dalam mengestimasi radiasi matahari pada suatu daerah atau lokasi.

Data yang diambil adalah data radiasi matahari pada tahun 2015 mulai dari bulan januari sampai bulan desember. Data yang ditampilkan adalah data bulanan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



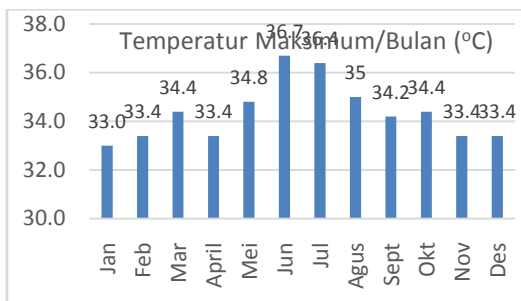
**Gambar 4.** Grafik Estimasi Radiasi Matahari Pada Gedung Politeknik Aceh Tahun 2015  
 (Sumber : Software RETScreen)

Data NASA (Software RETScreen) dijadikan sebagai acuan pada penelitian ini dikarenakan untuk wilayah Kota Banda Aceh belum ada data hasil pengukuran radiasi matahari menggunakan alat ukur radiasi matahari (pyranometer). Sedangkan data yang tersedia pada BMKG Blang Bintang hanya data lamanya waktu penyinaran matahari dan juga data suhu di daerah Blang Bintang.

b. Menghitung jumlah panel surya

Sebelum menentukan jumlah panel yang dibutuhkan, maka hal yang harus diketahui adalah menentukan efisiensi panel surya setelah itu menghitung daya yang dibangkitkan pada area *array* panel surya tersebut (*Watt peak*) dan efek temperatur terhadap daya keluaran.

Data temperatur maksimum setiap bulannya pada tahun 2015 dapat dilihat pada gambar grafik di bawah ini.



**Gambar 5.** Temperatur maksimum setiap bulan pada tahun 2015  
 (Sumber : BMKG Blang Bintang)

Setelah efek temperatur terhadap daya keluaran didapatkan, maka hal selanjutnya adalah menentukan PV area dengan mencari nilai insolation (*Gav*) terlebih dahulu, nilai *Gav* yang diambil adalah nilai terendah, nilai tersebut diambil dengan tujuan jika dalam kondisi cuaca kurang baik, panel surya masih dapat mengeluarkan energi listrik yang dibutuhkan.

Setelah luas area PV didapatkan maka selanjutnya adalah menghitung jumlah panel surya yang dibutuhkan dengan melakukan perhitungan daya yang dibangkitkan (*Watt peak*) pada area *array* terlebih dahulu.

c. Mencoba beberapa teknologi atau bahan sel surya

Dalam hal ini bahan modul surya yang akan dicoba adalah bahan monocrystalline dan polycrystalline dengan jumlah modul yang sama dan daya output yang sama.

d. Menentukan posisi atau letak panel surya

Penempatan panel surya pada atap gedung politeknik aceh ditempatkan menghadap ke arah timur dan barat, karena

arah posisi gedung politeknik aceh menghadap ke utara dan selatan, sehingga panel surya mendapatkan energi matahari yang maksimal dan lebih merata [1].



**Gambar 6.** Desain penempatan modul surya pada sisi atap Gedung Politeknik Aceh

e. Menghitung kapasitas baterai

Setelah jumlah panel surya yang dibutuhkan telah didapatkan maka selanjutnya adalah menghitung kapasitas baterai dengan ketentuan hanya mensuplai pada hari itu saja dan besarnya DOD (*Deep of Discharge*) pada baterai adalah 80 % [2].

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.

f. Menghitung kapasitas *charge controller*

Kapasitas *charge controller* dapat diketahui dengan cara melihat spesifikasi dari panel surya yang digunakan, yaitu dengan melihat nilai *Isc* (*Arus Short Circuit*) yang tertera pada *nameplate* panel surya, selanjutnya nilai tersebut dikalikan dengan jumlah panel surya yang digunakan [3].

g. Menghitung kapasitas inverter

Pada pemilihan inverter, diupayakan kapasitas kerjanya mendekati kapasitas daya yang dilayani. Hal ini agar efisiensi kerja inverter menjadi maksimal [3].

h. Menentukan sudut kemiringan panel pada posisi atap gedung

Sudut kemiringan panel perlu ditentukan untuk melihat radiasi matahari yang paling optimum ditangkap oleh panel surya. Sudut kemiringan panel diambil berdasarkan posisi *latitude* [4] dari Gedung Politeknik Aceh dan sudut azimuth ditentukan dengan sudut arahnya datang nya sinar matahari.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Estimasi energi yang dibutuhkan

Dari gambar grafik pada gambar 1 dan gambar 2 dapat dilihat bahwa data energi listrik yang dibutuhkan rata-rata perbulannya pada tahun 2015 adalah 12.353 kWh atau 411 kWh perharinya, dengan pemakaian tertinggi terdapat pada bulan april tahun 2015 yaitu 16.378 kWh perbulan dan yang terendah terdapat pada bulan maret dan agustus tahun 2015 yaitu 8.878 kWh dan 7.628 kWh perbulan. Kondisi pada bulan april tahun 2015 sangat banyak membutuhkan energi listrik, hal ini disebabkan adanya kegiatan non akademik pada malam harinya serta adanya kegiatan ekstrakurikuler oleh himpunan mahasiswa, sehingga energi listrik yang dibutuhkan pada bulan tersebut sangat tinggi nilainya. Sedangkan pada bulan maret dan agustus tahun 2015 tidak terlalu banyak kegiatan yang membutuhkan energi listrik, diakibatkan kurangnya penggunaan energi listrik oleh Mahasiswa maupun Civitas Akademika Politeknik Aceh dan juga pada bulan tersebut berada pada waktu ujian mahasiswa dan libur kegiatan akademik, sehingga penggunaan energi listrik hanya digunakan pada tingkat manajemen saja. Jika diestimasi untuk kebutuhan energi di tahun berikutnya dengan asumsi adanya kenaikan jumlah Mahasiswa 5% serta adanya penambahan sarana dan prasarana 5%, maka energi yang harus disediakan pada tahun berikutnya 18.015 kWh atau setara dengan 18,1 MWh/bulan atau 600,5 kWh/hari.

#### 2. Estimasi Energi yang dihasilkan

Estimasi energi yang dihasilkan meliputi perhitungan efisiensi modul surya, daya yang

berkurang pada panel surya saat temperatur naik, luas area instalasi modul surya (PV area), jumlah panel modul surya dan yang terakhir adalah perhitungan dari masing-masing kapasitas peralatan pendukung seperti kapasitas *charge controller*, baterai dan inverter.

Hasil perhitungan daya yang berkurang pada saat temperaturnya naik menjadi 34,4 °C adalah 9,4 watt, sehingga jika menggunakan panel surya dengan spesifikasi 200 Wp, maka daya nya menjadi 190,6 watt. Sedangkan untuk memenuhi rata-rata harian penggunaan energi sebesar 600,5 kWh didapatkan luas area pemasangan PV yaitu 1070 m<sup>2</sup> atau 3508 ft<sup>2</sup> dan jumlah modul surya yang digunakan adalah 742 buah dengan pembagian setiap *segment* nya yaitu pada segment 1 berjumlah 290 modul, pada segment 2 berjumlah 162 modul dan pada segment 3 berjumlah 290 modul.

**Tabel 1.** Produksi energi listrik selama setahun menggunakan panel surya dengan teknologi polycrystalline

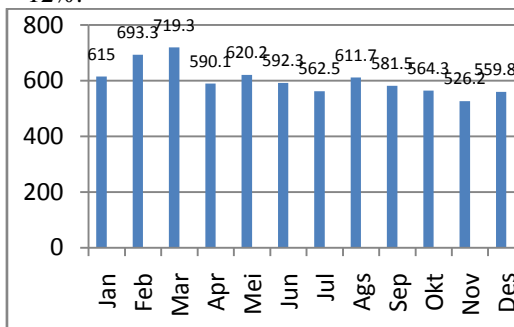
Energy (kWh)	Nameplate	262,900.1	
	Output at Irradiance Levels	257,107.8	-2.2%
	Output at Cell Temperature Derate	231,042.1	-10.1%
	Output After Mismatch	227,338.5	-1.6%
	Optimal DC Output	226,511.1	-0.4%
	Constrained DC Output	226,276.1	-0.1%
	Inverter Output	217,283.3	-4.0%
	Energy to Grid	216,196.9	-0.5%

**Tabel 2.** Produksi energi listrik selama setahun menggunakan panel surya dengan teknologi monocrystalline

Energy (kWh)	Nameplate	262,855.1	
	Output at Irradiance Levels	252,366.1	-4.0%
	Output at Cell Temperature Derate	231,787.1	-8.2%
	Output After Mismatch	227,019.2	-2.1%
	Optimal DC Output	226,610.0	-0.2%
	Constrained DC Output	226,045.6	-0.2%
	Inverter Output	218,179.8	-3.5%
	Energy to Grid	217,088.9	-0.5%

Dari hasil simulasi yang terdapat pada tabel 1 dan tabel 2 didapatkan nilai energi yang dihasilkan selama setahun dengan menggunakan bahan Monocrystalline adalah 217,1 MWh atau 603 kWh/hari, sedangkan dengan menggunakan bahan Polycrystalline 216,2 MWh atau 600,5 kWh/hari, dari hasil tersebut teknologi/bahan yang akan digunakan pada proyek BAPV Gedung

Politeknik Aceh adalah menggunakan teknologi/bahan jenis Monocrystalline. Selain alasan di atas, pemilihan teknologi Monocrystalline juga mengacu kepada data sheet bahan monocrystalline dan Polycrystalline seperti tegangan Voc (Tegangan *Open Circuit*) pada bahan Monocrystalline jauh lebih besar nilainya dibandingkan dengan bahan Polycrystalline yaitu pada bahan jenis Mono Voc nya adalah 30,34 Volt 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 12%.



**Gambar 7.** Energi yang dihasilkan perhari (kWh)

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa energi tertinggi yang dihasilkan perharinya terdapat pada bulan Maret yaitu 719,3 kWh, hal ini sangat sesuai mengingat pada bulan tersebut intensitas radiasi matahari sangat tinggi, sedangkan energi terendah yang dihasilkan terdapat pada bulan November yaitu 526,2 kWh. Sehingga dengan energi yang dihasilkan mencapai 217,1 MWh/tahun, maka inverter yang digunakan yaitu 5 buah dengan kapasitas 24 kW serta kapasitas *charge controller* yang digunakan adalah 5861,8 A dan kapasitas baterai yang digunakan dalam sistem BAPV adalah 64.487 Ah 12 Volt atau 172 buah baterai dengan masing-masing kapasitas sebesar 12 Volt 375 Ah. Sedangkan sudut kemiringan panel surya yang optimum dalam menyerap radiasi matahari yaitu 5°,

mengingat sudut  $5^\circ$  terlalulandai yang dapat mengakibatkan terjadinya penumpukan kotoran berupa debu dan juga efek panas yang ditimbulkan dari gedung dapat mengakibatkan ankerkurangnya efisiensi panel surya, maka sudut kemiringan panel di tambah  $20^\circ$  [5], sehingga sudut yang digunakan dalam penerapan sistem BAPV menjadi  $25^\circ$ .

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

##### 1. Kesimpulan

Dari hasil perancangan BAPV pada atap gedung Politeknik Aceh dapat disimpulkan bahwa:

1. Energi listrik yang dibutuhkan rata-rata perbulannya pada tahun 2015 adalah 12.353 kWh atau 411 kWh perharinya, dengan pemakaian tertinggi terdapat pada bulan april tahun 2015 yaitu 16.378 kWh perbulan dan yang terendah terdapat pada bulan maret dan agustus tahun 2015 yaitu 8.878 kWh dan 7.628 kWh perbulan
2. Energi yang dihasilkan pertahun dari sistem hybrid BAPV-PLN pada atap Gedung Politeknik Aceh yaitu sebesar 217, 1 MWh atau 600,5 kWh perharinya dengan kapasitas *charge controler* yang digunakan adalah 5861,8 A dan kapasitas baterai yang digunakan adalah 64.487 Ah atau 172 buah baterai 12 V dengan masing-masing kapasitas sebesar 375 Ah dengan sudut kemiringan panel (tilt angel) yang digunakan yaitu  $25^\circ$ .

##### 2. Saran

Selain kajian energi pada sistem BAPV perlu juga dilakukan kajian ekonomis, agar dapat dilihat besarnya total pengeluaran biaya dalam membangun proyek BAPV dan juga melalui kajian ekonomis tersebut dapat dilihat nilai manfaat yang dihasilkan selama proyek tersebut di jalankan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. A. Joshi, N.M Pindoriya, "Impact Investigation of Rooftop Solar PV System: A Case Study in

- India", IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe (ISGT Europe), Berlin, 2012.
- [2] P. Hanna. Analisis Keekonomian Kompleks Perumahan Berbasis Energi Surya (Studi Kasus : Perumahan Cyber Orchid Town Houses, Depok). Skripsi S1. Fakultas Teknik. Teknik Industri. Universitas Indonesia. 2012.
- [3] 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
- [4] H. Darhmaoui, D. Lahjouji, "Latitude Based Model for Tilt Angel Optimization for Solar Collectors in the Mediterranean Region", Energy Procedia, The Mediterranean Green Energy Forum, pp 426-435, 2013.
- [5] P. Corrada, J. Bell, L. Guan, N. Motta, "Optimizing solar collector tilt angle to improve energy harvesting in a solar cooling system", International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry, September 2013