

KAJIANPENERAPAN SISTEM *BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAICS* (BIPV) PADA RANCANGAN RUMAH MINIMALIS DI KOTA BANDA ACEH

Zoel Fachri¹, Ira Devi Sara², dan Rakhmad Syafutra Lubis³

^{1,2,3}JurusanTeknikElektro, FakultasTeknik, UniversitasSyiah Kuala

¹zoel.fachri@gmail.com, ²ira.sara@gmail.com, ³rakhmadslubis@gmail.com

ABSTRACT

The potential of renewable energy in Indonesia is very large, clean and environmentally friendly. In its utilization has not been optimal pemanfaatan renewable energy renewable electricity generation costs caused such solar power can't compete with the cost of energy-fueled power plant fossil remains a challenge in the energy sector. Generating statistical data in the State Llistrik 2015 the ratio of electrification in the aceh province reached 94.17% produced by fossil-fueled power plants with the largest electric energy consumption in households. Targeted national energy by 2050, an area dominated by renewable energy which is the vision of the green city Banda Aceh regarding renewable energy utilization strategy policy. The application of Building Integrated Photovoltaik (BIPV) on the minimalist house in Banda Aceh against the slope of the roof 5 °, 10 °, 15 °, 20 °, 25 °, 30 ° and 35 ° be solutions in the utilization of renewable energy. The intensity of the radiation in the city of Banda Aceh in the past year the average reach 5 kWh/m² and the maximum temperature in the year i.e. 34.4 ° C as well as the assumption of the electric energy needs at home, minimalist type 70 of 10368 Wh/day. The results of the simulation using software Skelion get the highest PV energy estimation on minimalist House against the slope of 5 ° of 26.2 kWh/year. But in terms of the aesthetics of a house in the tropics with a good saddle roof modeling that is on a slope of 30 ° and the electric energy generated 24.5 kWh/year.

Kata kunci : BIPV, solar radiation intensity, minimalist house

ABSTRAK

Potensi energi terbarukan di Indonesia sangat besar yang bersih dan ramah lingkungan. Dalam pemanfaatannya belum optimalnya pemanfaatan energi terbarukan disebabkan biaya pembangkit listrik terbarukan seperti tenaga surya tidak dapat bersaing dengan biaya pembangkit listrik berbahan bakar energi fosil masih menjadi tantangan tersendiri di sektor energi. Dalam data statistik PLN 2015 rasio elektrifikasi di provinsi aceh mencapai 94,17% yang dihasilkan oleh pembangkit listrik berbahan bakar fosil dengan konsumsi energi listrik terbanyak pada rumah tangga. Ditargetkan tahun 2050, energi nasional suatu daerah akan didominasi oleh energi terbarukan yang merupakan visi green city Kota Banda Aceh mengenai kebijakan strategi pemanfaatan energi terbarukan. Penerapan Building Integrated Photovoltaik (BIPV) pada rumah minimalis di Kota Banda Aceh terhadap kemiringan atap rumah 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30° dan 35° menjadi solusi dalam pemanfaatan energi terbarukan. Intensitas radiasi di Kota Banda Aceh dalam kurun setahun rata-rata mencapai 5 kWh/m² dan temperatur maksimum dalam setahun yaitu 34,4°C serta asumsi kebutuhan energi listrik pada rumah minimalis tipe 70 sebesar 10368 Wh/hari. Hasil simulasi menggunakan software Skelion mendapatkan hasil estimasi energi PV tertinggi pada rumah minimalis terhadap kemiringan 5° sebesar 26,2 kWh/tahun. Namun dari segi estika sebuah rumah di daerah tropis dengan pemodelan atap pelana yang baik yaitu pada kemiringan 30° dan energi listrik yang dihasilkan 24,5 kWh/tahun.

I. PENDAHULUAN

Potensi energi terbarukan di Indonesia sangat besar yang bersih dan ramah lingkungan. Belum optimalnya dalam pemanfaatan energy terbarukan disebabkan biaya pembangkit listrik terbarukan seperti tenaga surya tidak dapat bersaing dengan biaya pembangkit listrik berbahan bakar energi fosil masih menjadi tantangan tersendiri di sector energi. Ditargetkan padatahun 2050, sumber energi nasional suatu daerah (bauran energi) akan didominasi oleh Energi Baru Terbarukan (EBT) yang meliputi energi air, panas bumi, biomasa sampah, Bahan Bakar Nabati (BBN), energy surya, energi laut, energi angin.

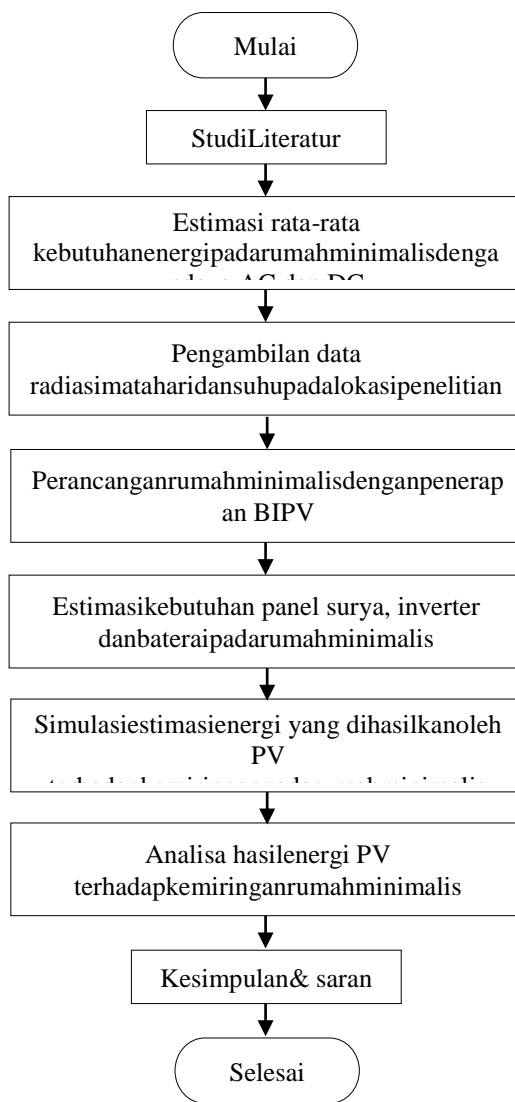
Dalam data statistik PLN 2015 rasio elektrifikasi di provinsi aceh mencapai 94,17%. Dengan energi listrik yang dihasilkan oleh PLTD termasuk PLTMG sebesar 203 pembangkit dan dari pembangkit energi terbarukan di hasil oleh PLTA sebanyak 4 pembangkit dan konsumsi energi listrik terbanyak pada rumah tangga.

Banda Aceh memiliki kondisi intensitas radiasi sinar matahari yang tinggi yaitu sebesar 1677 kWh/m² rata-rata per tahun dengan tingkat penyinaran matahari yang stabil yaitu 12 jam dalam sehari. Penerapan modul surya pada atap rumah tinggal di Kota Banda Aceh dengan konsep *Buiding Integrated Photovoltaics* (BIPV) dengan merancang rumahminimalis terhadap arah modul surya, produksi energi listrikuntuk mendapatkan kebutuhan energi listrik bagi masyarakat dengan ramah lingkungan.

II. METODELOGI

Metodologi penelitian yang digunakan dalam eksperimental dengan penggunaan perangkat lunak simulasi *Building Integrated Photovoltaic* (BIPV). Objek yang dikaji adalah penerapan sel surya pada rumah minimalis di kota Banda Aceh. Pada gambar 1 merupakan *flowchart* penerapan BIPV pada rumah minimalis di kota Banda Aceh, dengan tahapan pencarian data konsumsi energi pada rumah minimalis dengan perkiraan rata-rata sebesar 10368 Wh/hari

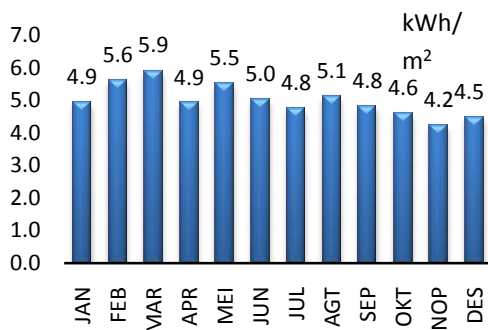
dengan penggunaan daya bolak-balik (AC) 10195 Wh dan 173 Wh untuk penggunaan daya DC.



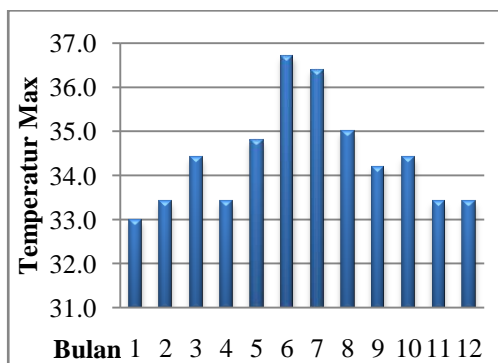
Gambar 1. Flowchart Penelitian Penerapan BIPV

Pengambilan data rata-rata tingkat intensitas radiasi pada lokasi selama 1 tahun untuk mendapatkan hasil yang optimal kebutuhan energi listrik dan mengetahui tingkat radiasi yang ada di lokasi selama 1 tahun dari bulan Januari sampai dengan Desember 2015 dari data NASA dengan

menggunakan software RETScreen serta data temperatur harian di kota Banda Aceh dari BMKG Aceh. Besar intensitas radiasi matahari pada gambar 2 di desa Pango Deah kota Banda Aceh yaitu 5 kWh/m^2 dapat diperoleh pada bidang horizontal yang tidak terlindung.



Gambar 2. Grafik Radiasi Matahari Selama 1 Tahun di Desa Pango Deah-Banda Aceh



Gambar 3. Grafik Temperatur Maksimum Kota Banda Aceh

Pada gambar 3 grafik temperatur maksimum kota Banda Aceh selama tahun 2015, temperatur tertinggi pada bulan juni yaitu $36,7^{\circ}\text{C}$ dan pada bulan juli mencapai $36,4^{\circ}\text{C}$ jadi rata-rata maksimum temperatur setiap bulan untuk setahun yaitu $34,4^{\circ}\text{C}$.

1. Penerapan Sistem BIPV dan Balance of System (BOS)

Penerapan BIPV dalam penelitian ini di tempatkan pada atap rumah minimalis dengan tipe 70 dengan model atap pelana

serta menggunakan peralatan pendukung yaitu *charger controller*, *inverter*, dan baterai dengan mensimulasikan dengan software *Sketchup* dan *Skelion* dengan sistem *standalone*. Pemilihan modul surya sangat penting diperhatikan dalam penelitian ini menggunakan *Solatile Photovoltaic Module Poly-Crystalline 205 Watts* (STBMK11205) merupakan modul surya yang sudah didesain untuk sistem BIPV sebagai pengganti komponen atap.



Gambar 4. Modul Surya *Stratco Solatile Photovoltaic*

Sistem *stand alone* dalam penerapan BIPV merupakan elemen yang sangat penting untuk menyimpan energi listrik dari produksi sel surya yang digunakan pada saat malam hari dan ketika cuaca berawan serta keadaan darurat di siang hari. Salah satu jenis baterai yang digunakan yaitu merk *Power Kingdom* dengan tegangan 12 V dan kapasitas daya 200 Ah.

2. Perancangan Rumah Minimalis Tipe 70

Desain rumah minimalis dalam penelitian ini untuk mendapatkan model rumah yang akan menempatkan sel surya pada atap. Rumah minimalis dirancang 2 bentuk atap yang nantinya memberikan perbedaan hasil energi listrik yang dihasilkan dengan sel surya dari tiap-tiap bentuk atap dan kemiringannya. Desain atap pelana dalam penelitian ini sebagai menempatkan panel surya dengan bervariasi kemiringan dari 5° , 10° , 15° , 20° , 25° , 30° , hingga 35° seperti pada gambar 5 gambar 6.



Gambar 5. Rancangan Rumah Minimalis Tipe 70 dengan Atap Pelana Penuh



Gambar 6. Rancangan Rumah Minimalis Tipe 70 dengan Atap Pelana Setengah

3. Menentukan Kebutuhan PV, Charge Controller, Baterai, Inverter

Komponen *PV array*, *charge controller*, baterai serta inverter sangat mendukung pada sistem PLTS *stand alone* yang mensuplai energi listrik untuk kebutuhan pada rancangan rumah minimalis tipe 70 .

1. Menentukan Area Array Fotovoltaik

Pemakaian energi listrik pada rumah minimalis tipe 70 yaitu 10368 Wh/hari. Secara umum untuk nilai insolasi tahunan matahari (*Gav*) akan digunakan nilai insolasi tahunan matahari yang paling rendah dari data pada lokasi Desa Pango Deah yaitu: $2,4kWh/m^2$. Pengambilan nilai rata-rata dari intensitas radiasi matahari sebagai insolasi matahari agar sistem BIPV akan tetap dapat memenuhi besar kapasitas yang

dibangkitkan dalam keadaan berawan dan mendung.

Untuk menentukan area array PV harus diketahui terlebih dahulu nilai efisiensi PV ditentukan dengan persamaan (1).

$$\eta_{PV} = \frac{P_{MPP}}{G \times A} \times 100\% \quad (1)$$

η_{PV} menunjukkan nilai efisiensi dalam persen (%), P_{MPP} adalah maksimum daya output yang dihasilkan sel surya (Watt). G menunjukkan intensitas irradiasi matahari dalam (W/m^2) yaitu $1000 Wh/m^2$ dan A menunjukkan luas permukaan modul sel surya dalam m^2 , maka didapatkan nilai efisiensinya sebesar 12,05%.

Daya yang dihasilkan oleh panel surya akan berpengaruh oleh temperatur disekitar panel surya, dari data BMKG Aceh didapat rata-rata temperatur maksimum di Banda Aceh selama 1 tahun yaitu $34,4 ^\circ C$. Dengan persamaan (2).

$$P_{t \text{ naik}} ^\circ C = 0,5\%/^\circ C \times P_{MPP} \times \text{kenaikan temp} (^\circ C) \quad (2)$$

Jadi, temperatur standart pada PV yaitu $25^\circ C$ maka kenaikan temperatur maksimum yaitu $9,4 ^\circ C$. Kenaikan temperatur mengakibatkan daya maksimum berkurang $9,635W$,

$$P_{MPP \text{ naik menjadi } t} ^\circ C = P_{MPP} - P_{t \text{ naik}} ^\circ C \quad (3)$$

Dari persamaan (3) didapatkan daya maksimum yang dihasilkan oleh panel surya dengan rata-rata temperatur maksimum $34,4^\circ C$ adalah $195,36 W$.

Maka nilai faktor koreksi temperatur (*Temperature Correction Factor*) adalah 0,953 dari persamaan 4.

$$TCF = P_{MPP \text{ naik menjadi } t} ^\circ C / P_{MPP} \quad (4)$$

Dengan mengetahui nilai efisiensi pada komponen-komponen utama dalam sistem *stand alone* pada penerapan BIPV yaitu *charge controller*, baterai dan inverter maka nilai efisiensi ouput keseluruhan komponen

sistem *stand alone* (η_{out}) pada persamaan 5 yaitu 0,69.

$$\eta_{out} = \eta_c \times \eta_b \times \eta_i \times \eta_{cable}$$

Dengan mengetahui nilai-nilai untuk mendapatkan area array PV maka digunakan persamaan 6.

$$PV \text{ Area} = \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{out}}$$

Dimana E_L yaitu pemakaian energi (kWh/hari) dan G_{av} adalah rata-rata Radiasi matahari ($kWh/m^2/hari$), jadi PV area yang akan terpasang pada atap rumah minimalis tipe 70 yaitu 54,52 m^2 .

Dengan luas area PV yang akan digunakan sebesar 54,52 m^2 pada PV dengan output 205Wp, maka jumlah daya PV yang dibutuhkan menggunakan rumus persamaan 7 yaitu:

$$P_{Watt \text{ Peak}} = Area \text{ Array} \times PSI \times \eta_{PV} \quad (7)$$

Dimana PSI (*peak solar insolation*) sebesar 1000 kWh, dengan demikian dari hasil keseluruhan yang dibangkitkan oleh PV untuk rumah minimalis tipe 70 yaitu 6569,64 W. maka jumlah PV yang diperlukan dengan menggunakan persamaan 8 yaitu 32,04 dibulatkan menjadi 33 modul surya.

$$Jumlah \text{ Modul PV} = \frac{P_{Watt \text{ peak}}}{P_{Mpp}} \quad (8)$$

2. Menentukan Kapasitas Charge Controller

Dengan mengetahui nilai I_{sc} (*Short Circuit Current*) dari spesifikasi panel surya *Stratco Solittle* = 8,7A dan jumlah panel pada rumah tipe 70 sebanyak 33 unit, maka dapat dikalkulasikan sebagai berikut:

$$KCC = I_{sc} \text{ Panel} \times Jumlah \text{ panel} \quad (9)$$

Dimana KCC adalah kapasitas *charger controller*, Jadi, kapasitas *charge controller* yang dibutuhkan dalam pengisian baterai adalah 287,1 A.

3. Menentukan Kapasitas Inverter

(5) Untuk mendapatkan kapasitas *inverter*, daya dari *inverter* harus mendekati dengan kapasitas daya yang dibutuhkan, agar efisiensi kerja inverter akan menjadi maksimal. Dari data spesifikasi panel surya *stratco solittle* $V_{mpp} = 25V$ dan $I_{mpp} = 8,2A$ serta $P_{max} = 205 \text{ Wp}$ perpanel dan jumlah (6) panel yang digunakan rumah tipe 70 sebanyak 33 unit dengan menggunakan persamaan 10.

$$C \text{ Inv} = V_{mpp} \times I_{mpp} \times P_{max} \times Jumlah \text{ panel} \quad (10)$$

Maka kapasitas daya *inverter* yang harus dilayani kebutuhan listrik sebesar 1386825 W.

4. Menentukan Kapasitas Baterai

Baterai yang digunakan yaitu *merk power kingdom* dengan spesifikasi 12 V / 200 Ah. Dengan penggunaan daya pada rumah minimalis tipe 70 sebesar 10,368 kWh/hari. Agar dapat mensuplai dan mengatasi cuaca buruk, kapasitas baterai diperbesar sesuai yang diinginkan tetap berkerja (*autonomy day*), pada penelitian ini menggunakan *autonomy day* selama 3 hari dikarenakan besarnya *Deep Of Discharge (DOD)* pada baterai 80% maka kapasitas diperlukan adalah

$$C = \frac{N \times Ed}{DOD \times \eta_{inv}} \quad (11)$$

Jadi penyimpanan kapasitas baterai pada rumah tipe 70 dengan man baterai *Power Kingdom* 12V-200 Ah yaitu 43,2 kWh.

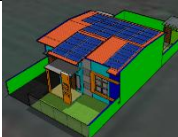
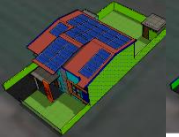
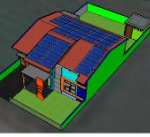
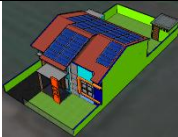
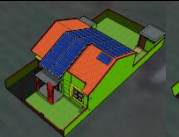
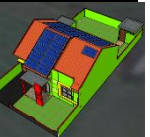
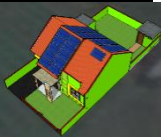
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Simulasi Estimasi Energi PV Terhadap Kemiringan Panel Pada Rumah Minimalis Dengan Atap Pelana Penuh dan Setengah

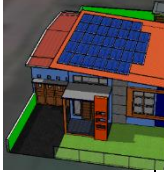
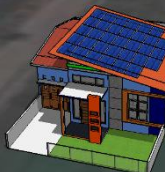
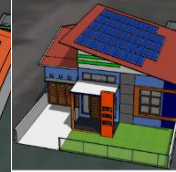
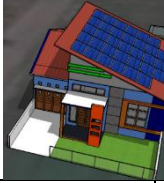
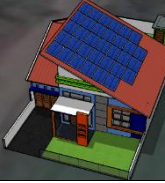
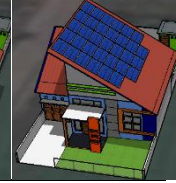

Simulasi energi PV pada atap rumah minimalis dengan desain atap pelana penuh pada software *Sketchup* dengan *Skelion*

dirancang dengan sudut kemiringan dari 5°, 10°, 15°, 20°, 25°, 30° dan 35° untuk melihat hasil energi PV yang optimal untuk sebuah rumah minimalis.

Tabel 1. Atap Pelana Penuh Pada Rumah Minimalis

<i>Slope Roof 5°</i>	<i>Slope Roof 10°</i>	<i>Slope Roof 15°</i>
		
<i>Slope Roof 20°</i>	<i>Slope Roof 25°</i>	<i>Slope Roof 30°</i>
		
	<i>Slope Roof 30°</i>	
		

Tabel 2 Hasil Estimasi Energi PV Terhadap Kemiringan 5° Pada Atap Pelana Penuh

<i>Slope Roof 5°</i>	<i>Slope Roof 10°</i>	<i>Slope Roof 15°</i>
		
<i>Slope Roof 20°</i>	<i>Slope Roof 25°</i>	<i>Slope Roof 30°</i>
		
	<i>Slope Roof 30°</i>	
		

Penempatan panel surya pada atap pelana sebanyak 33 panel dengan hadapan rumah ke selatan, mendapatkan produksi energi pada panel surya perbulan dengan radiasi panel surya bervariasi setiap bulannya pada penempatan di atap rumah minimalis dengan jenis atap pelana penuh dan setengah, dengan rata-rata intensitas radiasi matahari di desa Pango Deah kota Banda Aceh sebesar 5 kWh/m².

Dari hasil estimasi energi PV yang dihasilkan terhadap kemiringan atap pada tabel 3, rata-rata energi PV yang dihasilkan pada kemiringan 5° adalah 26,2 kWh/tahun dan energi harian (E_d) terendah dihasilkan pada bulan Desember sebesar 23,3 kWh dan energi harian (E_d) tertinggi dihasilkan pada bulan Februari dan Agustus sebesar 27,7 kWh.

Tabel.3 Hasil Estimasi Energi PV Terhadap Kemiringan Pada Atap Pelana Penuh dan Setengah

Kemiringan Atap	5°		10°		15°		20°		25°		30°		35°	
	Ed	Em	Ed	Em	Ed	Em	Ed	Em	Ed	Em	Ed	Em	Ed	Em
Bulan														
Jan	25,3	785	25,9	804	26,4	820	26,8	831	27,1	839	27,2	844	27,2	845
Feb	27,7	776	28,1	787	28,4	795	28,6	800	28,6	801	28,5	799	28,3	793
Mar	27,2	842	27,2	842	27,1	839	26,9	833	26,5	823	26,1	809	25,5	792
Apr	27,4	823	27	811	26,6	797	25,9	778	25,2	756	24,3	730	23,3	700
May	26,3	814	25,5	792	24,7	766	23,7	736	22,7	703	21,4	665	20,1	623
Jun	26,5	794	25,6	767	24,5	736	23,4	702	22,1	663	20,7	621	19,2	576
Jul	26,2	813	25,4	788	24,5	760	23,5	729	22,3	692	21,1	653	19,6	609
Aug	27,7	858	27,2	842	26,5	822	25,7	797	24,8	769	23,8	737	22,6	700
Sep	27,2	817	27,1	813	26,8	805	26,5	794	26	780	25,4	762	24,7	740
Oct	25,4	786	25,6	793	25,7	796	25,7	796	25,6	792	25,3	786	25	775
Nov	23,8	713	24,2	726	24,5	736	24,8	744	24,9	748	25	749	24,9	746
Dec	23,5	727	24	746	24,5	761	24,9	772	25,2	780	25,3	785	25,4	787
Yearly average	26,2	796	26,1	793	25,9	786	25,5	776	25,1	762	24,5	745	23,8	724
Total for year		9548		9511		9433		9312		9146		8940		8686

- E_d : Energi harian (kWh)
- E_m : Energi Bulanan (kWh)

Pada kemiringan 10° rata-rata produksi energi harian (E_d) yang dihasilkan oleh PV yaitu 26,1 kWh/tahun dan energi harian (E_d) terendah dihasilkan pada bulan Desember 24 kWh dan energi harian (E_d) tertinggi yang dihasilkan yaitu 28,1 kWh.

Dengan kemiringan 25° didapatkan hasil energi PV rata-rata yaitu 25,1 kWh. Produksi energi PV dalam setahun tertinggi dihasilkan pada bulan Februari yaitu 28,6 kWh dan terendah pada bulan Juni yaitu 22,1 kWh.

Dari data hasil produksi energi PV ada tabel 3 dengan kemiringan 30°, energi rata-rata harian yang dihasilkan oleh PV yaitu 24,5 kWh dan energi tertinggi dihasilkan pada bulan Februari yaitu 28,5 kWh dan energi terendah dihasilkan pada bulan Mei yaitu 21,4 kWh.

Pada kemiringan 15° rata-rata produksi energi harian oleh PV yaitu 25,9 kWh dan

energi terendah jatuh pada bulan November dan Desember yaitu 24,5 kWh dan energi tertinggi yang dihasilkan oleh PV pada atap pelana penuh pada bulan Februari yaitu 28,4 kWh.

Pada kemiringan 20° pada atap pelana penuh, energi rata-rata harian dihasilkan oleh PV yaitu 25,5 kWh. Dan energi PV terendah yang dihasilkan pada bulan Juni yaitu 23,4 kWh dan energi PV tertinggi dihasilkan

Produksi rata-rata energi PV pada kemiringan 35° pada tabel 4.8 yaitu 23,8 kWh, dengan energi PV tertinggi pada bulan Februari yaitu 28,3 kWh dan energi PV terendah pada bulan juni yaitu 19,2 kWh.

Hasil energi PV pada atap rumah minimalis tipe 70 terhadap kemiringan model atap pelana mendapatkan hasil yang bervariasi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil perancangan dan pengujian BIPV pada rumah minimalis, secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa:

1. Perolehan data intensitas radiasi matahari dari NASA di lokasi penelitian di desa pango Deah Kota Banda Aceh yaitu 5 kWh/m^2 dapat diperoleh pada bidang horizontal yang tidak terlindung.
2. Estimasi konsumsi energi listrik pada rumah minimalis tipe 70 sebesar 10368 Wh/hari dengan penggunaan daya bolak-balik (AC) 10195 Wh dan 173 Wh untuk penggunaan daya DC.
3. Panel surya dibutuhkan sebanyak 33 unit dan baterai sebanyak 18 unit (otonomi 3 hari) untuk memenuhi kebutuhan listrik pada rumah minimalis.
4. Estimasi energi listrik yang dihasilkan terbaik pada kemiringan 5° yaitu 26,2 kWh/tahun.

1. Saran

Untuk mengetahui berapa biaya dalam penerapan BIPV pada rumah tinggal, disarankan untuk dapat menggunakan perhitungan ekonomi yaitu biaya siklus hidup (LCC).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Rahardjo dan I Fitriana, " Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Indonesia", Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, Dan Energi Terbarukan.
- [2] Laporan Akhir ESDM, " Keselarasan Kebijakan Energi Nasional (KEN) Dengan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) dan Rencana Umum Energi Daerah (RUED)", Jakarta, 2012
- [3] Sekretariat Perusahaan PT. PLN (PERSERO), "Statistik PLN 2015", Sekretariat Perusahaan PT. PLN (Persero), Jakarta, 2016.
- [4] Kepala Bappeda Kota Banda Aceh, "Inisiasi kota hijau Banda Aceh 2034", 2014.
- [5] Sara, I D., "Analisis Potensi Kondisi Suhu dan Radiasi Sinar Matahari di Kota Banda Aceh untuk Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya". Seminar Nasional dan Expo Teknologi (SNETE) ke 4, 2014.
- [6] P.Eiffert dan G. J.Kiss, *Bulding-Integrated Photovoltaic Designs For Commercial and*

Institutional Structure, New York:NREL. February 2000.

- [7] E. Kinab dan T.Salem, " BIPV Building Integrated Photovoltaic System in Mediterranean Climate", IEEE, 2nd Renewable Energy for Developing Countries-REDEC, November 26-27, Beirut-Lebanon, 2014.
- [8] K. Sinapis. K, Donker. M. V. D, "BIPV report 2013 State of the art in Building Integrated Photovoltaics". SEAC, 2013.
- [9] Asean Brown Boveri (ABB), Photovoltaic Plants, No.10, Bergamo, Italy, 2010.
- [10] International Finance Corporation (IFC), Utility-Scale Solar Photovoltaic Power Plant (a Project Developer's Guide), Pennsylvania Avenue – New York, 2015.
- [11] Afifudin, F., dan Hananto, S. Farid., (2012). *Optimalisasi Tegangan Keluaran dari Solar Cell Menggunakan Lensa Pemfokus Cahaya Matahari*. Jurnal Neutrino Vol.4, No. 2 April 2012
- [12] Finawan, D. " Kajian Potensi Pembangkit Listrik Energi Surya Dalam Menunjang Program Agropolitandi Provinsi Gorontalo "Skripsi, Fakultas Teknik Elektro-Universitas Negeri Gorontalo, 2014.
- [13] N. Bikos, K. Laochoojaroenkit, " *Building integrated photovoltaics (BIPV) Tools for Implementation and Design Approaches*", Thesis in the Master Degree Program: Design for Sustainable Development, Department of Architecture - Chalmers University of Technology-Sweden, 2012.
- [14] Al-Shamani, A.N, dan Othman, M.Y, " Design & Sizing of Stand-alone Solar Power System A House Iraq" Recent Advances in Renewable Energy Sources.
- [15] Nafeh, A.E.A., " *Design and Economic Analysis of a Stand-Alone PV System to Electrify a Remote Area Household in Egypt*". The Open Renewable Energy Journal 2 : 33-37, 2009.