

POTENSI DAYA DARI SOLAR CELL TERPASANG SESUAI DENGAN POLA ATAP RUMAH BERBASIS ARSITEKTUR BALI

I Nyoman Apriana Arta Putra¹, Wayan Arta Wijaya², I.G.N Janardana³

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Email: aprianaarta44@yahoo.com¹, artawijaya@ee.unud.ac.id², janardana@unud.ac.id³

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besar potensi daya yang didapat pada rumah dengan pola atap berarsitektur Bali jika dikembangkan dengan sumber energi terbarukan. Energi surya sebagai sumber energi terbarukan mempunyai potensi yang sangat besar, khususnya di Indonesia. Pola atap rumah berbasis arsitektur Bali mempunyai 4 bidang, sisi sebelah utara dan selatan berbentuk trapesium dan sisi sebelah timur dan barat berbentuk segitiga dengan sudut kemiringan atap 35° . Salah satu bangunan tradisional Bali adalah Bale Sari, yang menjadi *study* kasus dengan luas $32,64 \text{ m}^2$, panjang $6,40 \text{ m}$ dan lebar $5,10 \text{ m}$. Atap Bale Sari berpola limas, setiap sisinya mempunyai panjang dan lebar yang sama. Metode yang dilakukan pada penelitian ini dengan perhitungan manual untuk mencari potensi daya maksimalnya. Jumlah seluruh panel surya yang digunakan adalah 234 buah. Dengan jumlah ini, didapatkan hasil potensi terbaiknya pada sisi bagian selatan, dengan rata-rata daya yang didapat sebesar $667,67 \text{ Watt}$. Hasil tersebut didapatkan ketika matahari berada pada titik pemanasan maksimal atau tepatnya saat cuaca cerah. Hasil analisis potensi daya rata-rata yang didapat *solar cell* terpasang pada atap rumah berarsitektur Bali sebesar $1.935,49 \text{ Watt}$.

Kata Kunci : *Arsitektur Bali, Bale Sari, Panel Surya, Potensi Daya.*

ABSTRACT

This study was conducted to determine the potential power obtained at home with the Balinese roof pattern when developed with renewable energy sources. Solar energy as a source of renewable energy has enormous potential, especially in Indonesia. Balinese architecture-based roof pattern has 4 fields, the north and south side are trapezoidal and the east and west sides are triangular with 35° roof inclination angle. One of Bali's traditional buildings is Bale Sari, which is a case study with an area of 32.64 m^2 , length 6.40 m and width 5.10 m . Bale Sari's roof has a pyramid pattern, each side having the same length and width. Methods performed in this study with manual calculations to find the potential maximum power. The total number of solar panels used is 234 pieces. With this amount, obtained the best potential results on the southern side, with an average power gained of 667.67 Watt . The results are obtained when the sun is at a maximum warming point or precisely when the weather is sunny. The result of the average power potential analysis obtained by solar cell installed on the roof of the Balinese architecture house is $1,935.49 \text{ Watt}$.

Keywords : *Architectur Bali, Bale Sari, Solar Cell, Power Potential*

Dengan jumlah ini, didapatkan hasil potensi terbaiknya pada sisi bagian selatan, dengan rata-rata daya yang didapat sebesar $667,67 \text{ Watt}$. Hasil tersebut didapatkan ketika matahari berada pada titik pemanasan maksimal atau tepatnya saat cuaca cerah. Hasil analisis potensi daya rata-rata yang didapat *solar cell* terpasang pada atap rumah berarsitektur Bali sebesar $1.935,49 \text{ Watt}$.

dengan sudut kemiringan atap 35° . Bale Sari yang menjadi *study* kasus mempunyai luas $32,64 \text{ m}^2$ dengan panjang $6,40 \text{ m}$ dan lebar $5,10 \text{ m}$, atap berpola limas. Setiap sisi *Bale Sari* mempunyai panjang dan lebar yang sama. Zaman sekarang rumah dengan pola atap berarsitektur Bali sudah jarang ditempati dan bahkan cenderung dilupakan. Masyarakat

pada umumnya lebih cenderung beralih menggunakan rumah berasitektur modern untuk di tempati karena efisiensi dan kesederhanaan. Sumber energi yang tepat untuk dikembangkan pada rumah berasitektur Bali adalah sumber energi surya, karena energi surya merupakan energi alternatif yang murah dan mudah didapatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik.

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan potensi daya maksimal pada rumah berasitektur Bali dan bertujuan memodernisasi arsitektur Bali agar tidak tergerus oleh zaman, dan tanpa mengubah *estetika* dari pola atap rumah berasitektur Bali. [1][2]

1. PENDAHULUAN

Pola atap rumah berbasis arsitektur Bali, mempunyai 4 bidang, yaitu sisi sebelah utara dan selatan berbentuk trapesium dan sisi sebelah timur dan barat berbentuk segitiga dengan sudut kemiringan atap 35°. *Bale Sari* yang menjadi *study* kasus mempunyai luas 32,64 m² dengan panjang 6,40 m dan lebar 5,10 m, atap berpola limas. Setiap sisi *Bale Sari* mempunyai panjang dan lebar yang sama. Zaman sekarang rumah dengan pola atap berasitektur Bali sudah jarang ditempati dan bahkan cenderung dilupakan. Masyarakat pada umumnya lebih cenderung beralih menggunakan rumah berasitektur modern untuk di tempati karena efisiensi dan kesederhanaan. Sumber energi yang tepat untuk dikembangkan pada rumah berasitektur Bali adalah sumber energi surya, karena energi surya merupakan energi alternatif yang murah dan mudah didapatkan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik.

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan potensi daya maksimal pada rumah berasitektur Bali dan bertujuan memodernisasi arsitektur Bali agar tidak tergerus oleh zaman, dan tanpa mengubah *estetika* dari pola atap rumah berasitektur Bali. [1][2]

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Atap Rumah Berarsitektur Bali

Atap rumah berasitektur Bali mempunyai ciri khas berpola atap limas dengan ditopang

beberapa pilar yang menjadikan atap rumah berasitektur Bali terlihat elegan dan mewah.



Gambar 1. Atap rumah berasitektur Bali

Atap rumah berasitektur Bali mempunyai dua sisi bagian yang berbeda, seperti pada rumah berasitektur Bali pada Gambar 1. Gambar 1 merupakan studi kasus pada penelitian ini mempunyai dua bagian yang berbeda, pada sisi utara dan selatan mempunyai pola bentuk trapesium, pada sisi bagian barat dan timur berpola segitiga. Untuk menghitung luas dari pola atap tersebut digunakan rumus (1) dan (2), sebagai berikut :

$$\text{Luas } \Delta = \frac{1}{2} \times (A \times T)$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Trapesium} &= \frac{\text{jumlah sisi} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{(AB+CD) \times \text{tinggi}}{2} \quad (2) \end{aligned}$$

2.2. Energi Surya

Energi surya merupakan energi terbarukan yang mempunyai sumber yang sangat besar dan sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Intensitas energi surya mencapai puncaknya pada siang hari. Indonesia mempunyai intensitas radiasi matahari yang sangat baik, yang ditunjukkan pada Tabel 1. [3][4]

Tabel 1. Pengukuran Intensitas Radiasi Matahari di Indonesia

Sumber : BPPT dan BMG.

Propinsi	Lokasi	Tahun pengukuran	Posisi geografis	Intensitas radiasi (Wh/m ²)
NAD	Pidie	1990	4°15' LS : 96°52' BT	4.097
Sum Sel	Ogan komerin g Ulu	1979-1981	3°10' LS : 104°42' BT	4.951

Lampung	Kab. Lampung selatan	1972-1979	4°28' LS : 105°48' BT	5.234
DKI Jakarta	Jakarta Utara	1965-1981	6°11' LS : 106°05' BT	4.187
Banten	Tangerang	1980	6°07' LS : 106°30' BT	4.324
	Lebak	1991-1995	6°11' LS : 106°30' BT	4.446
Jawa Barat	Bogor	1980	6°11' LS : 106°39' BT	2.558
	Bandung	1980	6°56' LS : 107°38' BT	4.149
Jawa tengah	Semarang	1979-1981	6°59' LS : 110°23' BT	5.488
Jogjakarta	Yogyakarta	1980	7°37' LS : 110°01' BT	4.500
Jawa Timur	Pacitan	1980	7°18' LS : 112°42' BT	4.300
Kal Bar	Pontianak	1991-1993	4°36' LS : 9°11'BT	4.552
Kal Tim	Kabupaten Berau	1991-1995	0°32' LU : 117°52' BT	4.172
Kal Sel	Kota Baru	1979-1981	3°27' LU : 114°50' BT	4.796
Sul Teng	Donggala	1991-1994	0°57' LS : 120°0'B T	5.512
Papua	Jayapura	1992-1994	8°37' LS : 112°12' BT	5.720
Bali	Denpasar	1977-1979	8°40' LS : 115°13' BT	5.263
NTB	Kabupat	1991-	9°37'	5.747

	en Sumbawa	1995	LS : 120°16' BT	
NTT	Ngada	1975-1978	10°9' LS : 123°36' BT	5.117

2.3. Jenis panel sel surya

Panel surya mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Sel surya terdiri dari photovoltaic yang menghasilkan listrik dari intensitas cahaya. Saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, dan mendung) arus listrik yang dihasilkan juga akan berkurang. Panel surya akan menghasilkan daya yang berbeda tergantung dari ukurannya. Contohnya ukuran a cm x b cm menghasilkan listrik *Direct Current (DC)* sebesar x Watt per hour/jam. [6]

2.3.1 Polikristal (*Poly-crystalline*)

Polikristal merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. [6]

2.3.2 Monokristal (*Mono-crystalline*)

Monokristal merupakan panel yang paling efisien, karena panel monokristal menghasilkan listrik persatuan luas yang paling tinggi. Panel monokristal mempunyai kelemahan jika cuaca kurang cerah (berawan, mendung, atau teduh) efisiensinya akan turun drastis. [6]

2.6. Potensi Daya

Potensi daya adalah suatu kekuatan, kemampuan atau daya yang mampu dikembangkan lebih baik atau lebih besar lagi. Pada penelitian kali ini menggunakan rumus daya (3)

$$P = V \times I$$

(3)

2.7. Alat Ukur

Alat Ukur yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat ukur arus dan tegangan atau bisa disebut AVO meter. AVO meter sering disebut dengan Multimeter atau multimeter.

AVO meter adalah alat untuk mengukur arus, tegangan, baik itu arus AC maupun DC.



Gambar 2. AVO meter (Ampere dan Volt Meter)

3. METODE PENELITIAN

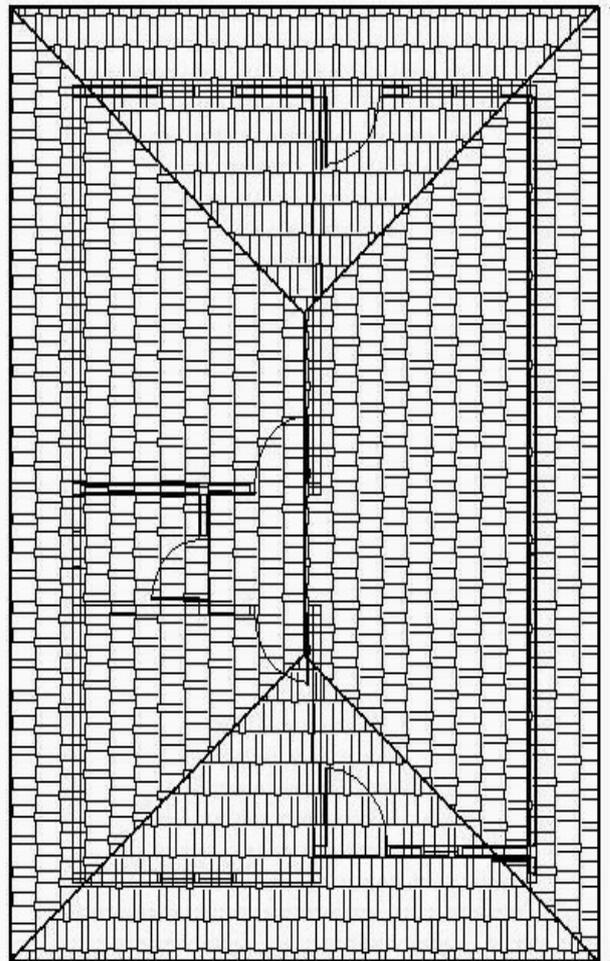
Data yang diperlukan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan adalah pengukuran pada arus dan tegangan dari panel surya, data hasil pengukuran pada atap *Bale Sari*. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari referensi buku, jurnal ilmiah, tugas akhir, dan hasil pencarian di internet.

Proses perhitungan untuk mendapatkan nilai dari arus dan tegangan dilakukan mulai dari pukul 07.00-17.00 Wita, dan dilakukan saat cuaca sangat cerah. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur AVO meter.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Menghitung Luas Atap

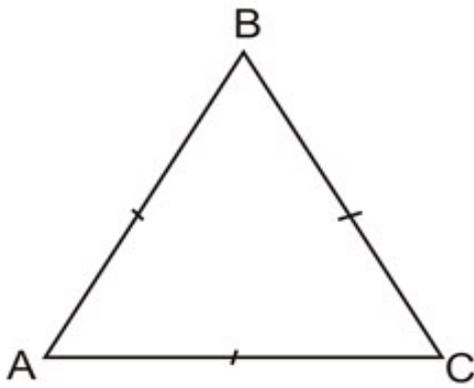
Rumah berasitektur Bali yang menjadi studi kasus bertempat di banjar Tegeh, Desa Dalung, Kabupaten Badung. Salah satu bangunan berasitektur Bali adalah *Bale Sari*. *Bale Sari* yang digunakan untuk penelitian ini mempunyai panjang atap 6,40 m dan lebar atapnya 5,10 m, yang ditunjukkan Gambar 3, sedangkan tinggi atapnya 2,75 m dan alas atasnya 2,20 m.



Gambar 3. Gambar atap *Bale Sari*

Bale sari mempunyai dua sisi atap yang berbeda, sisi bagian barat dan timur berbentuk segitiga dapat dilihat pada Gambar 4. Bagian utara dan selatan berbentuk trapesium dapat dilihat pada Gambar 5.

Setelah diketahui luas atap tersebut, pertama yang dapat dilakukan adalah membagi bidang tersebut menjadi 2 bagian, yang dibagi menjadi bidang segitiga dan bidang trapesium.



Gambar 4. Gambar bangun segitiga (a)

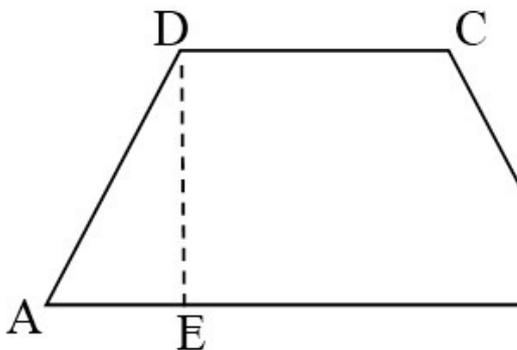
A) Menghitung luas segitiga

$$\begin{aligned} \text{Luas } \Delta &= \frac{1}{2} \times (a \times t) \\ &= \frac{1}{2} \times (5,10 \text{ m} \times 2,75 \text{ m}) \\ &= 7.01 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Luas total} = 7.01 \text{ m}^2$$

Jadi luas segitiga persisinya, baik sisi barat dan timur adalah 7.01 m^2 .

Dan untuk luas total segitiga = $7.01 \text{ m}^2 \times 2 = 14.02 \text{ m}^2$



Gambar 5. Gambar bangun trapesium (b)

B) Menghitung luas trapesium

$$\begin{aligned} \text{Luas trapesium} &= \frac{\text{jumlah sisi} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{(AB+CD) \times t}{2} \\ &= \frac{(6,40 \text{ m} + 2,20 \text{ m}) \times 2,75 \text{ m}}{2} \\ &= 11,82 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jadi luas trapesium persisinya, baik pada bagian utara maupun selatan adalah $11,82 \text{ m}^2$ dan luas total trapesium adalah = $11,82 \text{ m}^2 \times 2 = 23,65 \text{ m}^2$

4.2 Spesifikasi Panel Surya dan Luas Panel Surya

Panel surya, ditunjukkan pada Gambar 6, yang akan digunakan untuk pengukuran pada rumah dengan pola atap berarsitektur Bali mempunyai daya maksimal sebesar 10 Watt dengan spesifikasi panel surya sebagai berikut.

1. Maximal Power (Pmax) 10 W
2. Maximum Power Voltage (Vmp) 17.2 V
3. Maximum Power Current (Imp) 0.58 A
4. Open Circuit Voltage (Voc) 20.64 V
5. Short Circuit Current Isc 0.65 A
6. Nominal Operating Cell Temp (NOCT) $45 \pm 2^\circ\text{C}$
7. Maximum System Voltage 1000V
8. Maximum Series Fuse 16A
9. Dimension 415 mm x 245 mm

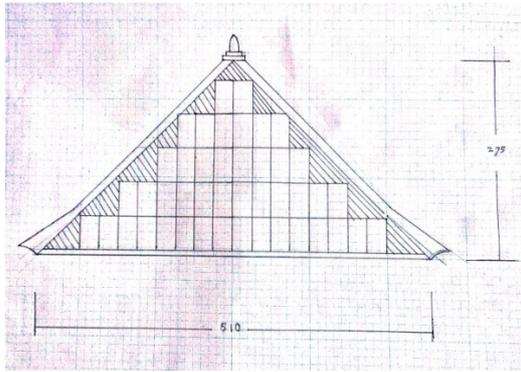


Gambar 6. Panel surya 10 Watt

Panel surya yang akan digunakan mempunyai dimensi sebesar 415 mm x 245 mm = 101.675 mm^2 .

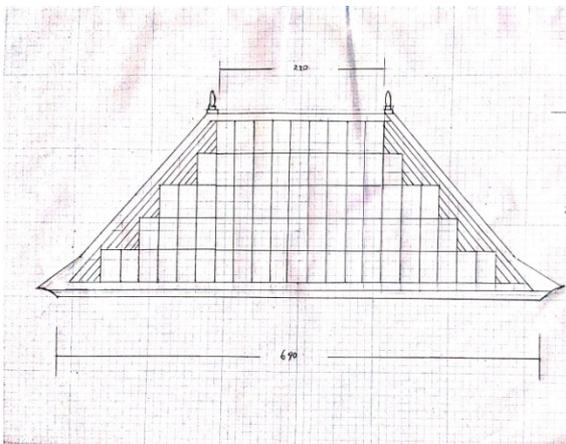
4.3 Mencari Jumlah Panel Surya Yang Akan Di Pasang

Setelah diketahui luas atap rumah berbasis arsitektur bali dan luas dimensi dari panel surya, diaplikasikan ke dalam Gambar yang menggunakan buku Gambar milimeter block.



Gambar 7. Gambar atap dengan pola segitiga

Dari data yang diambil pada tempat penelitian, dan disesuaikan dengan luas atap dan dimensi panel surya, jumlah panel yang digunakan untuk pola atap berbentuk segitiga berjumlah 44 buah panel dan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 8. Gambar atap dengan pola trapesium

Jumlah panel surya yang akan digunakan untuk pola atap rumah berbentuk trapesium adalah 73 buah, dapat dilihat pada Gambar 8.

4.4 Hasil Pengukuran Pada Panel Barat

Setelah diketahui pada atap sisi barat berpola segitiga maka jumlah panel surya yang digunakan berjumlah 44 panel. Hasil pengukuran panel surya pada sisi bagian barat, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran pada sisi atap bagian barat

No	Pukul	Panel Barat			Cuaca
		V	I	P	
1	8.00	20,2	10,12	204,42	Cerah
2	9.00	20	12,32	246,4	Cerah

3	10.00	20,1	14,96	300,69	Cerah
4	11.00	20,2	18,04	364,41	Cerah
5	12.00	20,2	24,2	488,84	Cerah
6	13.00	19,2	25,52	515,50	Cerah
7	14.00	20	27,28	545,6	Cerah
8	15.00	20,8	19,8	411,84	Cerah
9	16.00	20	18,04	360,8	Cerah
10	17.00	20,1	16,28	327,23	Cerah
Rata-rata daya yang di dapat				376,57 Watt	

Dari hasil perhitungan didapat daya rata-rata panel surya terpasang pada atap rumah berbasis arsitektur Bali pada sisi barat sebesar 376,57 Watt. Jumlah panel surya yang digunakan adalah 44 buah.

4.5 Hasil Pengukuran Pada Panel Timur

Setelah diketahui pada atap sisi timur berpola segitiga maka jumlah panel surya yang digunakan berjumlah 44 panel.

Hasil pengukuran pada sisi bagian timur dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran pada sisi atap bagian timur

No	Pukul	Panel timur			Cuaca
		V	I	P	
1	8.00	20,3	22,44	455,53	Cerah
2	9.00	20,3	30,8	625,24	Cerah
3	10.00	20,5	27,72	568,26	Cerah
4	11.00	20,2	23,32	471,06	Cerah
5	12.00	20,1	27,28	548,33	Cerah
6	13.00	20	20,68	413,6	Cerah
7	14.00	19,9	12,32	245,17	Cerah
8	15.00	19,5	7,04	137,28	Cerah
9	16.00	19,1	7,04	134,46	Cerah

10	17.00	18,6	4,4	81,84	Cerah
Rata-rata daya yang di dapat				368,07 Watt	

Dari hasil perhitungan didapat daya rata-rata panel surya terpasang pada atap rumah arsitektur Bali pada sisi timur sebesar 368,07 Watt. Jumlah panel surya yang digunakan adalah 44 buah.

4.6 Hasil Pengukuran Pada Panel Utara

Setelah diketahui pada atap sisi utara berpola segitiga maka jumlah panel surya dapat dihitung, yaitu 73 panel. Hasil dari pengukuran panel surya pada sisi bagian utara, ditunjukkan pada tabel 4. Hasil pengukuran pada sisi atap bagian utara.

Tabel 4. Hasil pengukuran pada sisi atap bagian utara

No	Pukul	Panel utara			Cuaca
		V	I	P	
1	8.00	20,3	21,17	429,75	Cerah
2	9.00	20	24,82	496,4	Cerah
3	10.00	20,2	35,77	722,55	Cerah
4	11.00	20,3	40,15	815,04	Cerah
5	12.00	20,1	40,15	807,01	Cerah
6	13.00	19,9	32,12	639,18	Cerah
7	14.00	19,2	25,55	490,56	Cerah
8	15.00	19,9	14,6	290,54	Cerah
9	16.00	19,7	18,25	359,52	Cerah
10	17.00	19,1	9,49	181,26	Cerah
Rata-rata daya yang di dapat				523,18 Watt	

Dari hasil perhitungan didapat daya rata-rata panel surya terpasang pada atap rumah berbasis arsitektur Bali pada sisi utara sebesar 523,18 Watt. Jumlah panel surya yang digunakan adalah 73 buah.

4.7 Hasil Pengukuran Pada Panel Selatan

Setelah diketahui pada atap sisi selatan berpola segitiga maka jumlah panel surya yang digunakan berjumlah 73 panel. Hasil dari pengukuran panel surya pada sisi bagian selatan, dapat dilihat pada Tabel 5.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa daya rata-rata yang didapat solar cell terpasang pada atap rumah berbasis arsitektur Bali pada sisi selatan sebesar 667,67 Watt, dengan jumlah 73 buah panel.

Tabel 5. Hasil pengukuran pada sisi bagian selatan

No	Pukul	Panel Selatan			Cuaca
		V	I	P	
1	8.00	20,5	35,77	733,28	Cerah
2	9.00	20,1	36,5	733,65	Cerah
3	10.00	20,1	34,31	689,63	Cerah
4	11.00	19,7	24,09	474,57	Cerah
5	12.00	20,2	45,26	914,25	Cerah
6	13.00	20	45,26	905,2	Cerah
7	14.00	20,6	35,04	721,82	Cerah
8	15.00	20,8	33,58	698,46	Cerah
9	16.00	19,9	21,9	435,81	Cerah
10	17.00	19,5	18,98	370,11	Cerah
Rata-rata daya yang di dapat				667,67 Watt	

4.8 Hasil Analisis Potensi Daya Total

Hasil analisis potensi daya total yang didapat panel surya terpasang, ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil analisis potensi daya total

Posisi Panel	Total daya yang di dapat
Panel Barat	376,57 W
Panel Timur	368,07 W
Panel Utara	523,18 W
Panel Selatan	667,67 W
Total Daya Keseluruhan	1.935,49 W

Jumlah panel keseluruhan yang digunakan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil analisis jumlah panel yang diperlukan

Posisi Panel	Jumlah Panel
Panel Barat	44 Panel
Panel Timur	44 Panel
Panel Utara	73 Panel

Panel Selatan	73 Panel
Jumlah Panel Keseluruhan	234 Panel

Tabel 7 menunjukkan bahwa daya maksimal total yang didapat dari panel surya terpasang pada atap rumah arsitektur Bali, sebesar 1.935,49 Watt. Daya terbesar terdapat pada pengukuran panel sisi bagian Selatan dengan total daya yang didapat 667,67 Watt, dan jumlah panel seluruhnya yang digunakan adalah 234 buah panel. Dengan komposisi masing-masing sisi mempunyai jumlah yang berbeda, untuk panel Barat dan Timur dengan sisi segitiga membutuhkan total 44 panel surya untuk masing-masing bagian, sedangkan sisi Utara dan Selatan, sisinya yang berbentuk trapesium membutuhkan 73 panel surya untuk masing-masing bagian.

5. KESIMPULAN

Potensi daya maksimal yang didapatkan pada penelitian ini adalah 1935,49 watt dengan jumlah seluruh panel surya 234 buah. Komposisi jumlah panel pada masing-masing sisi adalah 44 buah pada bagian Barat dan Timur, sedangkan pada bagian Utara dan Selatan membutuhkan 73 panel surya untuk masing-masing sisinya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. I Nyoman, B. Ika I Wayan dan S. Negara I Nengah, Peranan Garis Dalam Konsep Minimalis Desain Interior Rumah Tinggal. Denpasar, Indonesia : Fakultas Seni Rupa Dan Desain Institut Seni Indonesia, 2012.

[2] Y. Subekti, S. Gede, dan H. Retno, "Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya", Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya, Vol. 01, No. 02, Nov. 2015.

[3] Ima Maysha, Bambang Trisno, dan Hasbullah, "Pemanfaatan Tenaga Surya Menggunakan Rancangan Panel Surya Berbasis Transistor 2n3055 dan Thermoelectric Cooler", Elektro FPTK UPI, ELECTRANS, vol.12.

[4] Suriadi dan Mahdi Syukri, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh," Jurusan Teknik Elektro, Universitas Syiah Kuala, Jurnal Rekayasa Elekrika Vol. 9, No. 2, 2010.

[5] Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Strategi Penyediaan Listrik Nasional dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, dan Pembangkit Energi Terbarukan. Jakarta, 2005.

[6] M. Rif'an, Sholeh HP, Mahfudz Shidiq, Rudy Yuwono, Hadi Suyono dan Fitriana S. Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.