

ANALISIS DESAIN SOLAR TUBE DENGAN PANEL SURYA PADA RUMAH TINGGAL

Wahyu Tri Handoko

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : wahyu.18084@mhs.unesa.ac.id

Achmad Imam Agung, Mahendra Widyartono, Unit Three Kartini

Dosen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231, Indonesia
e-mail : achmadimam@unesa.go.id, mahendrawidyartono@unesa.ac.id, unitthree@unesa.ac.id

Abstrak

Dalam mencari alternatif untuk mengurangi konsumsi energi listrik, kemungkinan besar menggunakan cahaya matahari. Cahaya matahari ini digunakan di ruangan tempat ingin menghemat listrik dan menikmati manfaat cahaya matahari. Penelitian ini mengusulkan analisis desain pemandu cahaya dalam tabung dengan penggabungan panel surya sebagai sumber penghasil energi listrik yang akan digunakan pada saat gelap. Tabung menggunakan PVC yang dilapisi cermin reflektif pada bagian dalam dan *dome* tabung yang diberi lensa cembung sebagai pemfokus cahaya matahari masuk ke dalam tabung, menawarkan dengan biaya rendah. Dievaluasi untuk pengujian dapat memverifikasi output yang dihasilkan panel surya dengan *solar tube* tanpa beban lampu mendapatkan nilai rata-rata tegangan dan arus sebesar 4,81V dan 0,0013A sehingga didapat nilai maksimal pencahayaan sebesar 296 lux. Pada kondisi beban lampu hidup nilai rata-rata tegangan dan arus sebesar 4,69V dan 0,099A sehingga nilai maksimal pencahayaan yang didapat sebesar 324 lux. Sedangkan pada malam hari nilai maksimal pencahayaan ruangan sebesar 35 lux. Hasilnya membuktikan kelayakan teknis dari *solar tube* yang diusulkan untuk direalisasi sesuai penggunaan selama 2 jam per hari pada pukul 09:00 dan 15:00 WIB dengan kedua kondisi memenuhi standar penerangan dengan menawarkan penghematan listrik sebesar 0,79kWh/bulan.

Kata Kunci : Iluminasi (lux), Solar Tube, Panel Surya.

Abstract

In looking for alternatives to reduce electricity consumption, it is likely to use sunlight. This sunlight is used in rooms where you want to save electricity and enjoy the benefits of sunlight. This study proposes an analysis of the design of the light guide in the tube with the incorporation of solar panels as a source of electrical energy that will be used in the dark. The tube uses a PVC coated reflective mirror on the inside and a tube dome with a convex lens to focus sunlight into the tube, offering a low cost. Evaluated for testing, it can verify the output produced by solar panels with a solar tube without a lamp load, getting an average voltage and current value of 4.81V and 0.0013A so that the maximum lighting value is 296 lux. In the condition of the live lamp load, the average voltage and current values are 4.69V and 0.099A so that the maximum lighting value obtained is 324 lux. Meanwhile, at night the maximum value of room lighting is 35 lux. The results prove the technical feasibility of the proposed solar tube to be realized according to usage for 2 hours per day at 09:00 and 15:00 WIB with both conditions meeting lighting standards by offering electricity savings of 0.79kWh/month.

Keywords : Illuminance (lux), Solar Tube, Solar Panel.

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, beberapa tindakan untuk meningkatkan pembangkitan energi listrik telah dilaksanakan di seluruh dunia untuk memenuhi kebutuhan yang terus meningkat, tetapi tindakan ini membutuhkan investasi tinggi dan mobilisasi infrastruktur yang hebat sehingga menyebabkan banyak dampak lingkungan. Karena itu, perlu dilakukan tindakan berkelanjutan, dengan sumber daya keuangan yang lebih sedikit dan dengan efek lebih

cepat yang memungkinkan pengoptimalan penggunaan energi listrik, meningkatkan pasokan energi listrik dalam jangka pendek. Tindakan ini membutuhkan penerapan peralatan yang lebih efisien dalam pembangkitan, transmisi, distribusi dan sistem konsumsi yang memungkinkan pengurangan penggunaan energi listrik (Specak, 2018). Cara lain untuk mengurangi konsumsi energi listrik dengan potensi penerapan yaitu dengan mengeksplorasi penggunaan energi alam (panas, matahari, angin, air, dll) di Indonesia secara langsung. Misalnya,

penggunaan energi matahari untuk pemanas air dan penangkapan sinar matahari untuk pencahayaan (Garcia, 2015).

Dalam hal sinar matahari, Indonesia berada pada posisi geografis yang menguntungkan yaitu wilayah garis khatulistiwa, sehingga Indonesia terletak di wilayah tengah antara bagian utara dan selatan. Sebab itu, ketersediaan sinar matahari hampir sepanjang tahun kecuali pada musim hujan dan saat awan tebal menghalangi sinar matahari. Berdasarkan peta lokasi, rata-rata intensitas sinar matahari sekitar $4,80\text{kWh/m}^2.\text{hari}$ di seluruh wilayah Indonesia (Prasodjo, 2016). Oleh karena itu, penelitian ini memaparkan tentang pengembangan sistem pemandu cahaya matahari langsung untuk menerangi ruangan menggunakan tabung reflektif.

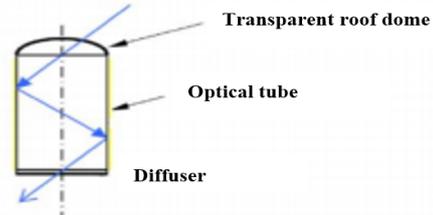
Pengembangan yang dilakukan adalah dengan menggabungkan *solar tube* dengan panel surya sebagai sumber energi listrik yang diletakkan dengan model tabung yang membuat lebih sederhana dengan memanfaatkan area atap dan loteng pada bangunan (Ruck, 2010). *Solar tube* merupakan alat untuk mengangkut atau mendistribusikan cahaya alami atau buatan kedalam kedalam suatu ruangan (Kumar, 2013).

Penelitian di bidang *solar tube* dilakukan oleh (Kumar, 2013) yang membahas tentang sistem penerangan dalam gedung menggunakan tabung surya untuk mengurangi biaya listrik pada siang hari. Kemudian (David, 2018) membahas tentang perangkat pencahayaan siang hari solatube pada bangunan perumahan yang difokuskan pada atap bangunan dengan menggunakan light analysis revit (LA/R) untuk mengoptimalkan pencahayaan pada rumah tinggal. Kemudian (Spacek., et al., 2018) membahas tentang alternatif untuk mengurangi konsumsi energi listrik menggunakan cahaya alami dengan solatube dengan hasil kelayakan teknis menggunakan bahan polimer dapat dipasarkan dengan perkiraan biaya 50% lebih sedikit. Setelah itu (Wang., et al., 2019) yang membahas pengembangan dan performa prototipe sistem penerangan ruangan menggunakan cahaya matahari mulai dari sistem pencahayaan matahari tunggal hingga pencahayaan hybrid yang mengkombinasikan cahaya matahari dengan lampu konvensional.

Penelitian ini akan membahas tentang analisis desain hasil rancangan sistem *solar tube* dengan panel surya pada rumah tinggal. Dengan tujuan penelitian untuk mencari output panel surya dan penghematan listrik yang dihasilkan menggunakan *solar tube* serta mengetahui tingkat pencahayaan dalam ruangan. Sehingga dapat dianalisis unjuk kerja dari desain *solar tube* dengan panel surya pada rumah tinggal.

Light Tube

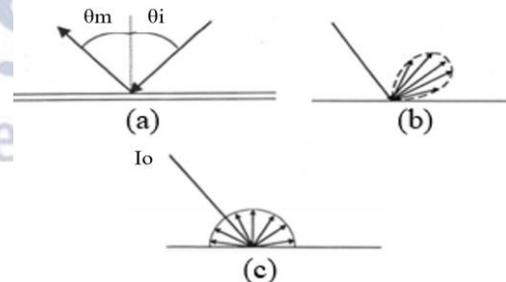
Efisiensi transmisi cahaya merupakan indikator penting dari kinerja tabung lampu, dan tergantung pada geometri, parameter optik tabung cahaya, dan kondisi langit. Prinsip memandu cahaya dalam tabung adalah berdasarkan banyak refleksi seperti pada Gambar 1. Penerapan cahaya tabung dapat dipergunakan di pabrik, sekolah, gudang, institusi, koridor, perkantoran untuk komersial di dapur, ruang keluarga, tangga, dan toilet untuk tujuan penerangan (Mohapatra, 2020).



Gambar 1. Prinsip Memandu Cahaya Dalam Tabung (Mohapatra, 2020)

Refleksi

Peristiwa terpantulnya cahaya bila mengenai suatu permukaan disebut refleksi. Perbandingan fluks cahaya dipantulkan dengan fluks cahaya yang diterima permukaan merupakan besaran faktor refleksi (p). faktor refleksi menunjukkan jumlah cahaya yang direfleksikan permukaan. Pemantulan dalam sistem perjalanan cahaya adalah sebesar 95%, sehingga kehilangan cahaya sebesar 5% pada berkas cahaya yang mengalami perjalanan dalam tabung pantul (Gunawan, 2014). Pengoptimalan perjalanan cahaya ini tergantung jenis bahan material reflektor yang akan digunakan, misalnya cermin kaca dapat merefleksikan cahaya sebesar 80-88% (Anasiru, 2016). Gambar 2. menunjukkan macam-macam peristiwa refleksi.



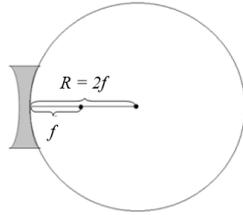
Gambar 2. (a) Refleksi Spekular, (b) Refleksi Menyebar, (c) Refleksi Difus (Gunawan, 2014)

Diffuser

Diffuser menyebarkan atau menyebarkan cahaya secara seragam, seperti sumber pencahayaan (Mohapatra, 2020). *Diffuser* merupakan salah satu alat desain utama untuk mengubah kondisi (akustik) ruangan, ruang semi tertutup, dan luar ruangan lingkungan (Cox, 2009).

Lensa Cembung

Menurut (Subandi, 2017) titik fokus sebuah lensa merupakan cahaya yang dipancarkan oleh lensa akan terkumpul. Titik fokus lensa dapat mengukur lensa ke jarak fokus lensa (f) diukur dari lensa ke titik fokus lensa ditunjukkan pada Gambar 3.



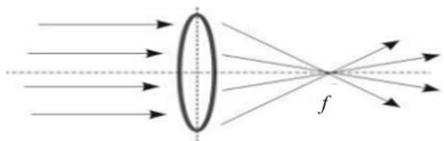
Gambar 3. Titik Kelengkungan Lensa (Subandi, 2017)

Besarnya jari-jari kelengkungan lensa:
 $R = 2xf$ (1)

Keterangan:

f = Jarak fokus lensa
 R = Jari-jari kelengkungan lensa

Pada lensa cembung cahaya dekat dengan sumbu utama dan dipancarkan menuju ke titik fokus nyata didepan lensa, sehingga lensa cembung dikatakan bersifat mengumpulkan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Berkas Cahaya pada Lensa Cembung (Subandi, 2017)

Illuminasi

Menurut (Ryer, 1998) iluminasi merupakan fotometrik fluks ukuuan per satuan luas, atau terlihat kerapatan fluks. Percahayaan biasanya dinyatakan dalam lux (lm/m^2) atau fc (lm/ft^2). Iluminasi dapat di asumsikan seperti pada Gambar 5.

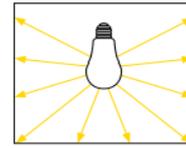


Gambar 5. Iluminasi (Zumtobel, 2018)

Arus Cahaya (*Luminous Flux*)

Arus cahaya merupakan ukuran kekuatan cahaya tampak (Ryer, 1998). Menurut (Gunawan, 2016) radiasi energi cahaya yang keluar per detik disebut arus cahaya. Setiap 80 lumen = 1 Watt pada lampu neon

jenis Halofosfat (Sudirman, 2007). Arus cahaya digambarkan seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Arus Cahaya (Zumtobel, 2018)

Panel Surya

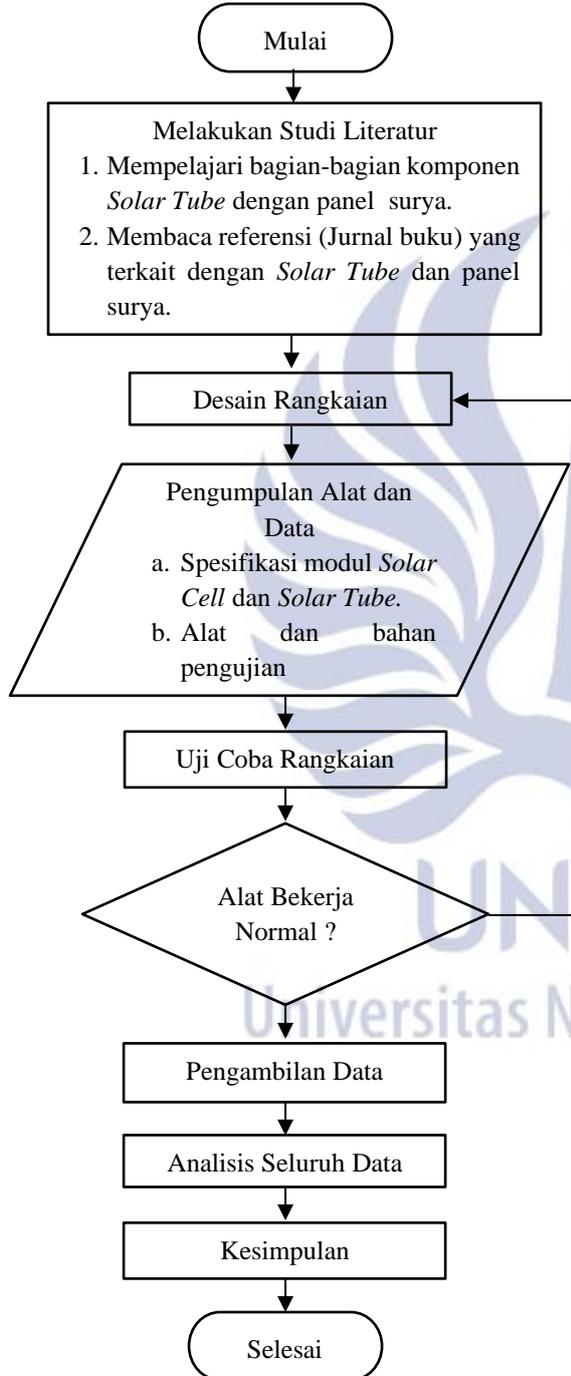
Modul surya (*Photovoltaic*) merupakan beberapa sel surya yang dirangkai secara seri dan paralel. Menurut (Aita, 2017) rangkaian panel surya dilakukan untuk meningkatkan tegangan dan arus yang dihasilkan untuk pemakaian sistem catu daya beban. *Photovoltaic* mengkonversikan cahaya menjadi listrik. Sel surya dipengaruhi oleh banyaknya intensitas cahaya yang masuk dan luas permukaan solar cell (Hilmansyah, 2017). Adapun macam-macam *photovoltaic* sebagai berikut:

1. Monokristal
 Persatuan luas panel jenis ini menghasilkan listrik yang paling tinggi. Monokristal memiliki efisiensi 17-18% (Sarima, 2019). Panel ini memiliki kelemahan yaitu tidak akan berfungsi dengan baik ditempat yang cahaya mataharianya kurang sehingga efisiensinya akan turun drastic dalam cuaca berawan (Dzulfikar, 2016).
2. Polikristal
 Susunan panel surya ini adalah kristal acak. Persatuan luas panel ini harus lebih besar untuk menghasilkan daya listrik yang sama dengan monokristal. Keunggulan panel ini tetap menghasilkan listrik pada saat mendung (Adiwana, 2020). Polikristal memiliki efisiensi 12-14% (Sarima, 2019).
3. Amorphous
 “Amorf” mengacu pada objek yang memiliki bentuk yang pasti dan tidak ada didefinisi sebagai bahan non-kristal. Susunan atom silicon amorf tidak teratur, tidak seperti silikon kristal yang susunan atomnya teratur. Efisiensi modul saat ini berkisar 4-8% (Sarima, 2019).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif yaitu penelitian dalam tahapan pelaksanaannya menggunakan angka dan disajikan hasil dalam bentuk gambar, tabel dan grafik (Hardani, 2020). Pada penelitian ini metode untuk desain analisis rangkaian dilakukan dalam beberapa jenjang, yaitu: (a). Pemilihan komponen yang digunakan harus tepat agar

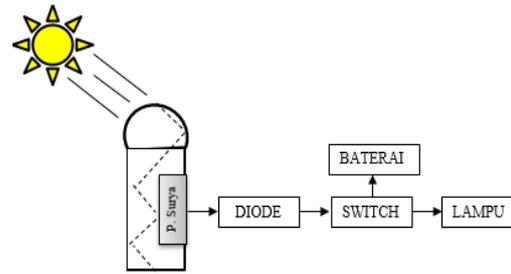
tidak terjadi kerusakan,; (b). Penggunaan komponen harus mempertimbangkan segi ekonomis dan kondisi yang ada dipasaran agar tidak mengalami kesulitan dalam proses pencarian.; (c). desain alat dibuat rapi, menarik dan aman dalam penggunaannya tanpa mengesampingkan segi estetika. Dalam pengumpulan data, penelitian ini menggunakan metode observasi dengan mencatat dan mengamati secara langsung. Pada Gambar 7. merupakan diagram alir (*flowchart*) desain analisis sistem *solar tube* dengan panel surya.



Gambar 7. Diagram Alur Penelitian

Perancangan Panel Surya

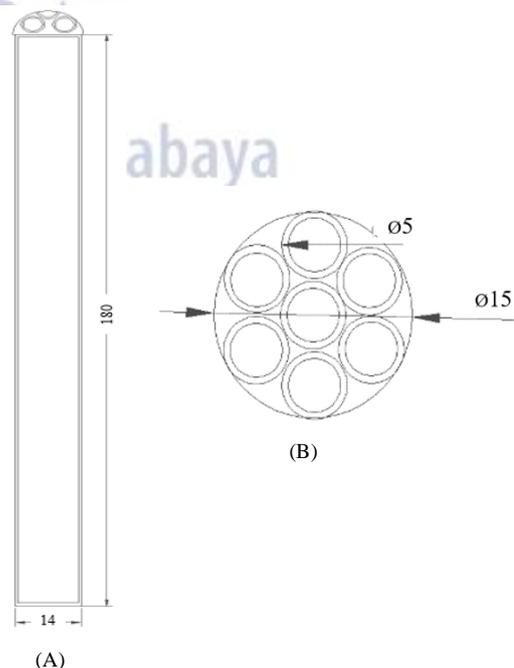
Panel surya yang digabung dengan *solar tube* memiliki spesifikasi 0,55WP dan 5,5V sejumlah 2 buah yang dihubungkan secara paralel. Baterai digunakan untuk tempat penyimpanan energi yang dihasilkan oleh panel surya berjenis Li-ion battery dengan kapasitas 2400mAh dan 3,7V. Lampu sebagai pencahayaan ruangan hasil dari energi panel surya menggunakan LED 7W dan karakteristik warna 6500K dan lumen yang dihasilkan sebesar 1450-1500 lm. Sebagai kontrol mematikan dan menghidupkan lampu alat ini menggunakan switch. Perancangan sistem panel surya disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Rangkaian Pemasangan Panel Surya

Desain Solar Tube dan Dome

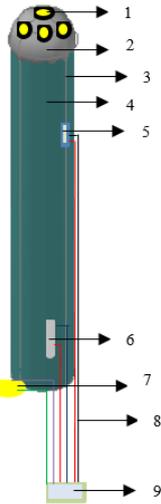
Desain *solar tube* dan *dome* menggunakan tabung dengan PVC D'5 (14cm) yang disesuaikan dengan *dome* berdiameter 15cm yang banyak beredar dipasaran. *Dome* hanya dapat disusun 7 lensa cembung masing-masing berdiameter 5cm untuk menutupi *dome*. *Solar tube* memiliki panjang 180cm yang disesuaikan dengan tinggi bangunan sebesar 500cm, sehingga jarak cahaya yang keluar dari *solar tube* dengan lantai bangunan sebesar 320cm. Desain ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. (A) Desain Solar Tube, (B) Dome

Desain *Solar Tube* dengan Panel Surya

Desain *solar tube* dengan panel surya ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Desain *Solar Tube* dengan Panel Surya
Keterangan dari Gambar 10. adalah:
Pertama yaitu lensa cembung yang kedua akrilik DIY Dome, yang ketiga yaitu stiker cermin yang terpasang pada bagian dalam PVC, yang ke empat yaitu PVC, yang kelima yaitu panel surya, yang keenam yaitu baterai, yang ke tujuh yaitu lampu, yang ke delapan kabel penghubung antara panel surya, baterai, lampu dengan switch dan yang ke sembilan yaitu switch.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian yang berjudul “Analisis desain *solar tube* dengan panel surya pada rumah tinggal” berhasil menghasilkan desain *solar tube* terbaru dengan ditambah panel surya sebagai sumber energi listrik untuk penerangan.

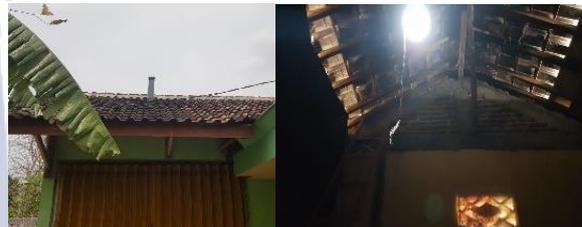


Gambar 11. Desain Rancangan *Solar Tube*

Gambar 11. diatas menunjukkan *solar tube* dengan panel surya yang terletak didalam tabung. Sistem kerja alat tersebut adalah cahaya matahari diterima oleh *dome* yang sudah diberi lensa cembung sebagai pemfokus cahaya masuk kedalam tabung. Di dalam tabung terjadi proses diffuse yang dipantulkan

oleh cermin reflektif (stiker cermin). Pantulan cahaya matahari dalam tabung digunakan sebagai energi pembangkit panel surya untuk lampu pada kondisi gelap dan cahaya matahari akan diteruskan untuk penerangan ruangan pada siang hari.

Proses pengambilan data dan pengukuran dilakukan pada tanggal 3 Desember 2020 di garasi rumah tinggal di Kecamatan Krejengan, Kabupaten Probolinggo dengan dimensi ruang panjang dinding 350cm, lebar dinding 400cm, tinggi dinding 340cm, ketebalan dinding 14cm, ketebalan atap 2cm, kemiringan atap 35°, dan ketinggian bangunan 500cm yang tidak tembus cahaya matahari selain dari *solar tube* yang diarahkan masuk ke dalam bangunan seperti pada Gambar 12.



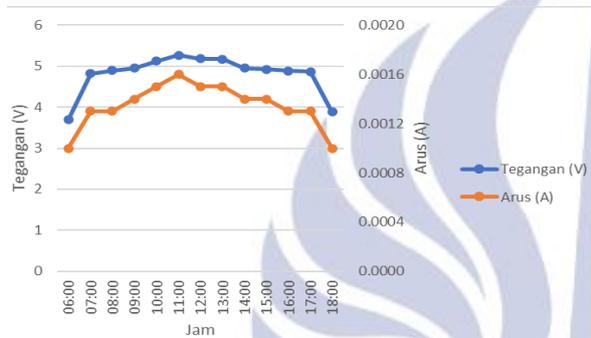
Gambar 12. Garasi dan Penempatan Alat

Pada pengukuran data yang diambil pada *solar tube* berupa tingkat pencahayaan dalam ruangan dan output panel surya dalam *solar tube* menggunakan alat ukur TMD4904 (*smartphone lux sensor*) dan multimeter ZOYI ZT 102A (mengukur tegangan dan arus pada panel) dengan kondisi langit (cerah fajar, cerah, cerah senja, dan cerah malam). Pengukuran dimulai pada pukul 06:00 sampai dengan pukul 18:00 WIB dalam 2 tahap yaitu untuk mengukur tingkat pencahayaan dalam ruangan, tegangan dan arus panel surya tanpa beban lampu dan dengan beban lampu pada suatu ruangan yang di hasilkan dari sinar matahari. Hasil pengukuran pencahayaan dalam ruangan, tegangan dan arus pada panel surya pada kondisi tanpa beban lampu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Pencahayaan, Tegangan dan Arus pada Panel Surya Tanpa Beban Lampu

Jam (WIB)	Langit	Tingkat Pencahayaan Dalam Ruangan (Lux)	Panel Surya	
			Teg.(V)	Arus(A)
06:00	Cerah Fajar	23	3.69	0.0010
07:00	Cerah	37	4.82	0.0013
08:00	Cerah	61	4.89	0.0013
09:00	Cerah	89	4.95	0.0014
10:00	Cerah	175	5.12	0.0015
11:00	Cerah	296	5.27	0.0016

Jam (WIB)	Langit	Tingkat Pencahayaan Dalam Ruang (Lux)	Panel Surya	
			Teg.(V)	Arus(A)
12:00	Cerah	194	5.18	0.0015
13:00	Cerah	187	5.17	0.0015
14:00	Cerah	93	4.95	0.0014
15:00	Cerah	76	4.92	0.0014
16:00	Cerah Senja	59	4.88	0.0013
17:00	Cerah Senja	33	4.87	0.0013
18:00	Cerah Malam	17	3.88	0.0010
Rata-rata			4.81	0.0013



Gambar 13. Grafik Output Tegangan dan Arus Panel Surya Tanpa Beban Lampu

Berdasarkan Tabel 1. menjelaskan bahwa nilai output tegangan dan arus pada panel surya dengan solar tube pada kondisi tanpa beban lampu rata-rata sebesar 4,81V dan 0,0013A. Gambar 13. Menjelaskan pada pukul 06:00 WIB tegangan dan arus panel surya mengalami peningkatan sampai dengan pukul 11:00 WIB dan mengalami penurunan tegangan dan arus dari pukul 11:00 WIB sampai dengan 18:00 WIB. Nilai tegangan dan arus maksimal panel surya tanpa beban terjadi pada pukul 11:00 WIB sebesar 5,27V dan 0,0016A. Sedangkan untuk mengetahui hasil pengukuran pencahayaan dalam ruangan, output tegangan dan arus panel surya dengan kondisi beban lampu hidup disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Pencahayaan, Tegangan dan Arus pada Panel Surya dengan Beban Lampu

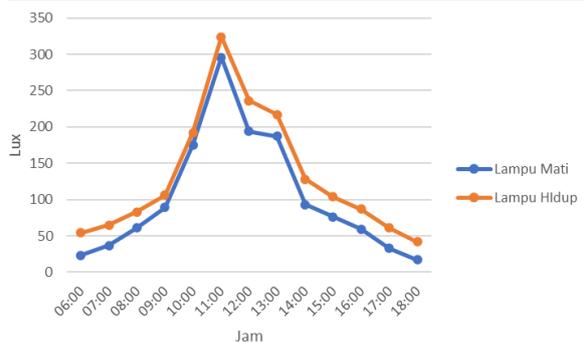
Jam (WIB)	Langit	Tingkat Pencahayaan Dalam Ruang (Lux)	Panel Surya	
			Teg. (V)	Arus(A)
06:00	Cerah Fajar	54	3.52	0.049
07:00	Cerah	65	4.76	0.091
08:00	Cerah	83	4.79	0.094

Jam (WIB)	Langit	Tingkat Pencahayaan Dalam Ruang (Lux)	Panel Surya	
			Teg. (V)	Arus(A)
09:00	Cerah	106	4.85	0.106
10:00	Cerah	192	5.01	0.123
11:00	Cerah	324	5.14	0.135
12:00	Cerah	236	5.05	0.131
13:00	Cerah	217	5.03	0.131
14:00	Cerah	128	4.83	0.102
15:00	Cerah	104	4.82	0.098
16:00	Cerah Senja	87	4.73	0.089
17:00	Cerah Senja	61	4.71	0.087
18:00	Cerah Malam	42	3.75	0.051
Rata-rata			4.69	0.099



Gambar 14. Grafik Output Tegangan dan Arus Panel Surya dengan Beban Lampu

Pada Tabel 2. menjelaskan bahwa nilai pengukuran output tegangan dan arus pada panel surya dengan kondisi beban lampu hidup rata-rata sebesar 4,69V dan 0,099A. Gambar 14. Menjelaskan nilai maksimal output tegangan dan arus panel surya terjadi pada pukul 11:00 WIB sebesar 5,14V dan 0,135A. Terjadinya peningkatan arus pada panel surya disebabkan oleh kondisi beban lampu yang hidup sehingga semakin besar beban yang digunakan maka semakin besar arus yang akan dibutuhkan.



Gambar 15. Grafik Perbandingan Pencahayaan Dalam Ruang

Gambar 15. Menerangkan bahwa hasil yang didapat berbeda. Pengukuran *solar tube* pada tingkat pencahayaan maksimal dengan kondisi tanpa beban lampu sebesar 296 lux dan dengan beban lampu hidup sebesar 324 lux yang terjadi pada pukul 11:00 WIB Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 03-6575-2001) untuk garasi diperlukan pencahayaan sebesar 60 lux. Pada saat pengukuran pencahayaan dalam ruangan yang diukur diatas bidang kerja tanpa beban lampu yang memenuhi standar penerangan terjadi pada pukul 08:00 sampai dengan 15:00 WIB. Sedangkan pengukuran pencahayaan dalam ruangan dengan beban lampu yang memenuhi standar penerangan terjadi pada pukul 07:00 sampai dengan 17:00 WIB. Ruang garasi dalam penggunaan membutuhkan 2 jam per hari dalam penerangan yaitu pada pukul 09:00 dan 15:00 WIB. Sehingga *solar tube* dalam kondisi tanpa beban lampu dan dengan beban lampu dapat memenuhi kebutuhan penerangan garasi sehari-hari. Penghematan listrik yang dihasilkan dalam penggunaan *solar tube* selama 2 jam per hari maka perlu mencari nilai rata-rata arus cahaya pada ruangan pengujian dengan rumus (Ningsar, 2013):

$$\Phi = E \times A \tag{2}$$

Keterangan:

- Φ = Arus cahaya (lumen)
- E = Kuat penerangan pada bidang kerja (lux)
- A = Luas lantai (m²)

Maka,

$$\begin{aligned} \Phi &= 76 \text{ lux} \times (PxL) \\ \Phi &= 76 \text{ lux} \times (3,5m \times 4m) \\ \Phi &= 76 \text{ lux} \times 14 \text{ m}^2 \\ \Phi &= 1064 \text{ lumen} \end{aligned}$$

Dalam penelitian (Sudirman, 2007) 80 lumen = 1 Watt, maka 1064 lumen adalah 13,3 Watt. Sehingga, efisiensi dalam satu bulan jika menggunakan *solar tube* secara konstan 2 jam per hari pada pukul 07:00 dan 16:00 WIB dapat melakukan penghematan sebesar 0,79kWh/bulan.

Pengukuran tingkat pencahayaan, tegangan dan arus pada baterai dengan beban lampu hidup untuk penggunaan malam hari dilakukan pada pukul 19:00 sampai 02:00 WIB disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Pencahayaan, Tegangan dan Arus pada Baterai dengan Beban Lampu

Jam (WIB)	Langit	Tingkat Pencahayaan Dalam Ruangan (Lux)	Baterai	
			Teg. (V)	Arus(A)
19:00	Cerah Malam	35	3.84	0.157
20:00	Cerah Malam	29	3.59	0.129

Jam (WIB)	Langit	Tingkat Pencahayaan Dalam Ruangan (Lux)	Baterai	
			Teg. (V)	Arus(A)
21:00	Cerah Malam	24	3.36	0.103
22:00	Cerah Malam	19	3.22	0.087
23:00	Cerah Malam	11	3.07	0.071
24:00	Cerah Malam	7	2.84	0.056
01:00	Cerah Malam	2	2.71	0.031
02:00	Cerah Malam	0	2.58	0.014
Rata-Rata			3.15	0.081

Pada Tabel 3. Nilai maksimal pencahayaan ruangan sebesar 35 lux sedangkan nilai pengukuran rata-rata tegangan dan arus baterai untuk menyalakan lampu sebesar 3,15V dan 0,081A. Dengan demikian pencahayaan pada malam hari perlu menggunakan lampu konvensional sebagai pendukung.

Dalam proses mendesain alat tersebut tentunya terdapat biaya komponen yang harus dibeli. Biaya mendesain alat berfungsi sebagai kalkulasi kinerja alat sesuai dengan biaya yang dikeluarkan. Berikut Tabel 4. merupakan daftar harga barang yang dipakai dalam membuat *solar tube* dengan panel surya.

Tabel 4. Daftar Harga Komponen Desain *Solar Tube* dengan Panel Surya

No	Nama Komponen	Jumlah	Toko	Harga (Rp)
1	PVC D'5	1	Bangunan	83.000
2	Akrilik Dome	1	Bukalapak	22.500
3	Stiker cermin	2	Shopee	120.780
4	Lensa cembung	7	Shopee	35.000
5	Panel surya 0.55WP	2	Bukalapak	70.000
6	Li-ion battery 1200mAh	1	Shopee	28.000
7	LED Power 0.2W	1	Bukalapak	13.800
8	Switch	1	Elektronik	4.000
9	Kabel pelangi	1 Meter	Elektronik	3.500
10	Jack banana male	4	Elektronik	8.000
11	Jack banana female	4	Elektronik	8.000
12	Lem Isaplas	1	Bangunan	7.500

No	Nama Komponen	Jumlah	Toko	Harga (Rp)
13	Refil lem tembak	5	Elektronik	7.500
14	Isolasi kertas	1	Elektronik	2.000
15	Lain-lain	-	-	200.000
Jumlah				613.580

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisis desain *solar tube* dengan panel surya pada rumah tinggal diperoleh kesimpulan sebagai berikut: (a). Output tegangan dan arus yang pada panel surya dalam kondisi tanpa beban lampu rata-rata sebesar 4,81V dan 0,0013A dan dengan kondisi beban lampu hidup sebesar 4,69V dan 0,099A. Pada penggunaan *solar tube* pencahayaan di garasi memiliki penghematan listrik sebesar 0,79kWh/bulan. (b). Tingkat pencahayaan maksimal ruangan pada siang hari yang dihasilkan oleh *solar tube* pada saat tanpa beban lampu sebesar 296 lux dan pada kondisi beban lampu hidup sebesar 324 lux. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-6575-2001) pada kondisi tanpa beban lampu yang memenuhi standar pencahayaan terjadi pada pukul 08:00 sampai dengan 15:00 WIB dan dengan beban lampu yang memenuhi standar penerangan terjadi pada pukul 07:00 sampai dengan 17:00 WIB. Sehingga sesuai kebutuhan pencahayaan ruangan garasi yang dipakai selama 2 jam per hari pada pukul 09:00 dan 15:00 WIB kedua kondisi tersebut memenuhi standar penerangan. Pencahayaan pada malam hari menggunakan lampu dengan nilai maksimal sebesar 35 lux sehingga perlu menggunakan lampu konvensional sebagai pendukung.

Saran

Saran untuk mencapai hasil yang lebih baik, desain *solar tube* dengan panel surya ini dapat dikembangkan dengan menggunakan sistem IoT (*Internet of Think*) sebagai monitoring dan kontrol. Selain itu juga dapat menambah ukuran panel surya dan baterai.

DAFTAR PUSTAKA

Adiwana, Moch. Nur. (2020) *Desain photovoltaic dan peramalan jangka pendek radiasi sinar matahari menggunakan metode feed-forward neural network*. *Jurnal Teknik Elektro*. Vol. 9 (1): hal. 757-764.

Aita, Retno Diantari dan Erlina. (2017) *Studi penyimpanan energi pada baterai plts*. *Jurnal Energi & Kelistrikan*. Vol. 9 (2): hal. 120-125.

Anasiru, Mardan. (2016) *Pencahayaan alami pada bangunan berkoridor tengah dengan*

menggunakan sistem pencahayaan tabung horizontal. *Jurnal Arsitektur DASENG*. Vol. 5 (1): hal. 70-82.

Cox. T. J. (2009) *Acoustic absorbers and diffusers: theory, design and application*. Third Edition. New York: Crc Press.

David, Toluwalogo Babarinde dan Zafer, Halil Alibaba. (2018) *Achieving visual comfort through solatube daylighting in residential buildings in nigeria*. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. Vol. 9 (1): hal. 118-125.

Dzulfikar, D. (2016) *Optimalisasi pemanfaatan energi listrik tenaga surya skala rumah tangga*. Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF VOLUME V.

Garcia, Hansen. (2015) *Methods for the illumination of multilevel buildings with vertical light pipes*. *Solar Energy*. Vol. 117 (1): pp 74-88.

Gunawan, Ryani. (2014) *Studi pengembangan rancangan bukaan pencahayaan pada pipa cahaya horisontal*. Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat. Bandung: PPs Universitas Katolik Parahyangan.

Gunawan, Setia. (2016) *Studi penggunaan lampu led untuk efisiensi pada pencahayaan jalan layang re martadinata*. *JKTE*. Vol. 1 (2): hal. 143-147.

Hardani. (2020) *Metode penelitian kualitatif & kuantitatif*. Yogyakarta: Pustaka Ilmu.

Himansyah dan Ramli. (2017) *Optimalisasi intensitas cahaya pada luas permukaan solar cell*. *Jurnal Teknologi Terpadu*. Vol. 5 (1): hal. 90-95.

Kumar, Vineet Singh dan Kumar, Amit Jain. (2013) *Modifying the design of solar tube to produce cost effective dispose of sunlight in multi-storey buildings*. *International Journal Of Scientific & Technology Research*. Vol. 2 (2): hal. 144-150.

Mohapatra, Badri Narayan. (2020) *Analysis of light tubes in interior daylighting system for building*. *IJECS*. Vol. 17 (2): hal. 710-719.

Ningsar, N. (2013) *Perhitungan dan rancangan penerangan buatan pada ruang dubbing suatu studio produksi film*. *Jurnal Arsitektur DASENG*. Vol. 2 (1): hal. 000-000.

Prasodjo, Edi dan Heri Nurzaman. (2016) *Indonesia energy outlook 2016*. Jakarta: Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional.

Ruck, Nancy dan David Oppenheim. (2010) *Daylight in building*. United Kingdom: AECOM Ltd.

Ryer, Alex. (1998) *Light measurement handbook*. newburyport: International Light Inc.

Sarima dan S. Agustina. (2019) *Analisa efisiensi pengaruh parameter cahaya matahari pada fotovoltaik 100wp jenis polikristal, monokristal dan amorphous di laboratorium riset teknologi energi unsri indralaya*.

- Makalah disajikan dalam *Seminar Nasional AVoER XI 2019*, Palembang, 23-24 Oktober.
- SNI___. (2001) *Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada bangunan gedung*. SNI 03-6575-2001.
- Spacek, Anderson Diogo dan Joao Mota Neto. (2018) *Proposal of the tubular daylight system using acrylonitrile butadiene styrene (abs) metalized with aluminum for reflective tube structure*. *Journal Energies*. Vol. 11 (199): hal. 1-12.
- Subandi. (2017) *Optimasi performa solar cell menggunakan fresnel lens konsentrator*. *Prosiding SNST*. hal. 34-39.
- Sudirman, Adin. (2007). *Kajian intensitas cahaya pada sistem penerangan rsg-gas*. *Buletin Pengelolaan Reaktor Nuklir*. Vol. 4 (1): hal 1-9.
- Wang, Jong-Woei dan Tsai-Hsien Yang. (2019) *A review of daylighting system : for prototype systems performance and development*. *Journal Energies*, Vol. 12 (2863): hal. 1-34.
- Zumtobel. (2018) *The lighting handbook*. Six Edition. Austria: Zumtobel Lighting GmbH.

