SKRIPSI

KOMBINASI LAMPU BOTOL SURYA DAN LED BERBASIS SOLAR CELL SEBAGAI PENERANG

OLEH

MUHAMMAD REZQY RAMDHANI IDRIS

D021 17 1515

DEPARTEMEN MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2021

SKRIPSI

KOMBINASI LAMPU BOTOL SURYA DAN LED BERBASIS *SOLAR CELL* SEBAGAI PENERANG

DI SUSUN OLEH

MUHAMMAD REZQY RAMDHANI IDRIS

D021 17 1515

Merupakan Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

DEPARTEMEN MESIN FAKULTAS TEKNIK

UNIVERISTAS HASANUDDIN

GOWA

2021

LEMBAR PENGESAHAN

KOMBINASI LAMPU BOTOL SURYA DAN LED BERBASIS *SOLAR CELL* SEBAGAI PENERANG

Disusun dan diajukan oleh

MUHAMMAD REZQY RAMDHANI IDRIS

D021 17 1515

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang di bentuk dalam Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal, 26 November 2021

dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama	Pembimbing Pendamping
Dr. Ir. Zuryati Djafar, MT	Prof. Dr-Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME.
NIP : 19680301 199702 2 001	NIP : 19600302 198609 1 001

Ketua Departement Teknik Mesin

Dr.Eng. Jalaluddin, ST.,MT

NIP.19720825 200003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Muhammad Rezqy Ramdhani Idris
NIM	: D021171515
Program Studi	: Teknik Mesin
Jenjang	: S-1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

"KOMBINASI LAMPU BOTOL SURYA DAN LE BERBASIS *SOLAR CELL* SEBAGAI PENERANG"

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan oran lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 26 November 2021

Yang membuat pernyataan,

Muhammad Rezqy Ramdhani Idris

ABSTRAK

Muhammad Rezqy Ramdhani Idris. *Kombinasi lampu botol surya dengan LED berbasis solar cell sebagai penerang* (dibibing oleh Dr, Ir. Zuryati Djafar, M.T dan Prof. Dr-Ing Ir. Wahyu H. Piarah, MSME)

Perkembangan era globalisasi saat ini berdampak pada kebutuhan konsumsi energi listrik yang semakin meningkat. Energi matahari adalah energy alternative yang dapat digunakan pada masa depan. Lampu botol surya pertama kali ditemukan oleh Illac Diaz pada tahun 2002. Salah satu kebutuhan manuasia adalah penerangan sehingga penelitian ini betujuan untuk menghasilkan perangkat kombinasi lampu botol surya berbasis *solar cell* yang tepat, dan mengetahui intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu botol surya serta untuk mengetahui besaran daya dan efisiensi yang dihasilkan oleh panel surya *polycrystalline* 10 Wp dengan berbagai variasi kemiringan. Variasi kememiringan yang dimaksud yaitu 0˚,10˚,20˚ dan 30˚. Penelitian ini dilakukan di *rooftop* gedung mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Proses pengambilan data dilakukan dengan menggunakan Arduino Uno untuk pengambilan data tegangan, arus dan intensitas cahaya, dan LabVIEW National Instrument untuk pengambilan data temperature. Pengambilan data dilakukan 24 jam dengan interval 5 detik setiap 1 data. Hasil dari penelitian ini adalah Telah dibuat kombinasi lampu botol surya dan LED berbasis *solar cell* yang dimana botol yang digunakan berasal dari botol cocacola 1.5 L, panel *polycrystalline* 10 Wp, *solar charge controller* 10 A, dan lampu LED DC 3 Watt. Intensitas cahaya terbanyak masuk ke ruangan berdasarkan hasil perbadingan rasio intensitas cahaya – matahari terdapat pada kemiringan 10˚ yaitu 0,0049 pada 17,47 Lux. Besaran daya listrik dan efisiensi yang di peroleh berada pada kemiringan 30˚ yaitu 6,47 W dan efisiensi sebesar 9,17 %.

Kata kunci : *Solar Cell*, Intensitas Cahaya, Daya, Efisiensi

ABSTRACT

Muhammad Rezqy Ramdhani Idris. Combination of solar bottle lights with solar cell-based LEDs as lighting (Supervised by Dr, Ir. Zuryati Djafar, M.T and Prof. Dr-Ing Ir. Wahyu H. Pirah, MSME)

The development of the current era of globalization has an impact on the increasing need for electrical energy consumption. Solar energy is an alternative energy that can be used in the future. The solar bottle lamp was first discovered by Illac Diaz in 2002. One of the human needs is lighting, so this aims to produce the right combination of solar cell-based solar bottle lamps, and determine the intensity of light produced by solar bottle lamps, and determine the amount of power and efficiency produced by 10 wp polycrystalline solar panels with various tilt variations. The variation of the slope in question is 0˚,10˚,20˚ and 30˚. This research was conducted on the rooftop of the mechanical building of the Faculty of Engineering, Hasanuddin University. The data collection process is carried out using Arduino Uno for data collection of voltage, current, and light intensity, and LabVIEW National Instrument for temperature data collection. Data retrieval is carried out 24 hours with an interval of 5 seconds for every 1 data. The result of this research is that a combination of solar bottle lights and solar cell-based LEDs has been made where the bottles used are 1.5 L Coca-Cola bottles, 10 Wp polycrystalline panels, 10 A solar charge controllers, and 3 Watt DC LED lights. The intensity of light that enters the room the most based on the results of the comparison of the ratio of light intensity to the sun is at a slope of 10˚, which is 0.0049 at 17.47 Lux. The amount of electric power and efficiency obtained is at a slope of 30˚ which is 6.47 W and efficiency is 9.17 %.

Keywords : Solar Cell, Light Intensity, Power, Efficiency

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya agar saya selaku penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini yang menjadi salah satu syarat kelulusan di Departemen Mesin,Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin dan shalawat serta salam kita sampaikan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat islam ke kehidupan yang lebih beradab.

Saya menyadari dalam menyelesaikan skripsi dan penelitian ini tidaklah mudah,banyak hambatan dan masalah yang dihadapi hingga sampai ke titik ini. Namun berkat doa dan dukungan dari berbagai pihak akhirnya penelitian dan skripsi ini telah selesai.

Penghargaan dan terima kasih penulis sampaikan kepada Ibu Dr. Ir. Zuryati Djafar, MT. selaku Pembimbing Utama dan Bapak Prof. Dr-Ing. Ir. Wahyu H. Piarah, MSME. selaku Pembimbing Pendamping yang telah banyak membantu baik dalam penulisan maupun pemikiran pada skripsi ini.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak H. Idris Thalib dan Ibu Hj. Rosnia yang telah menjadi sumber semangat dan motivasi penulis selama ini.
2. Yth. Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, M.A. selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
3. Yth Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Yth. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, S.T., M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah menyetujui dan menerima tugas akhir penulis.
5. Seluruh dosen Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan yang sudah dibagikan terhadap penulis. Ilmu dan pengetahuan yang membuat penulis

semakin mengerti fenomena-fenomena dalam bidang teknik terutama bidang teknik mesin.

6. Staf Departemen Teknik Mesin, terkhusus Ibu Suri, Pak Mansur dan juga Pak Iwan yang telah banyak membantu.
7. Qadriyyah Marzuqah yang selalu mendukung dan memotivasi penulis selama penulisan tugas akhir berlangsung.
8. Teman-teman Laboratiorium Mesin Pendingan yang setia menemani selama masa pengambilan data dan penulisan tugas akhir.
9. Saudara-saudara seperjuangan mahasiswa Departemen Teknik Mesin ZYNCROMEZH 2017 yang telah memberi bantuan, dukungan, kerjasama yang sudah dijalani selama ini dan kiranya kesuksesan selalu menyertai teman-teman sekalian.
10. Rekan S2 serta S3 yang telah memberi bantuan selama proses perkuliahan dan masukan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Terakhir, penulis hendak menyapa setiap nama yang tidak dapat penulis cantumkan satu per satu, terima kasih atas doa yang senantiasa mengalir tanpa sepengetahuan penulis. Terima kasih sebanyak-banyaknya kepada orang yang turut bersukacita atas keberhasilan penulis menyelesaikan skripsi ini.

Tentunya dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Semua kebaikan berasal dari Allah semata, segala kekurangan dan kekeliruan berasal dari penulis maka dari itu penulis memohon maaf atas segala kesalahan, kritik dan saran sangat dibutuhkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Gowa, 26 November 2021

Muhammad Rezqy Ramdhani Idris

DAFTAR ISI

SKRIPSI ..... **i**
LEMBAR PENGESAHAN ..... **ii**
PERNYATAAN KEASLIAN ..... **iii**
ABSTRAK ..... **iv**
ABSTRACT ..... **v**
KATA PENGANTAR ..... **vi**
DAFTAR ISI ..... **viii**
DAFTAR TABEL ..... **x**
DAFTAR GAMBAR ..... **xi**
BAB I **1**
PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Tujuan Penelitian 2
1.4. Batasan Masalah 2
1.5. Manfaat Penelitian 3
BAB II **4**
TINJAUAN PUSTAKA **4**
2.1. Lampu Botol Surya 4
2.2. Energi Matahari 5
2.3. Sel Surya 5
2.4. Cahaya 7
2.5. Istilah dan satuan cahaya 11
2.6. Arduino Uno 12
2.7. Sensor Arus 14
2.8. Sensor Tegangan DC 14
2.9. Sensor BH1750 15
2.10. Listrik 16
2.11. Perhitungan Daya Masuk 17
2.12. Perhitungan Daya Keluar 17
2.13. Efisiensi Panel Surya 18
BAB III **19**

METODOLOGI PENELITIAN **19**
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian 19
3.2. Alat dan Bahan Penelitian 19
3.3. Metode Pengujian 23
3.4. Skema Rancangan Instalasi Pengujian 23
3.5. Metode Pengumpulan Data 25
3.6. Diagram Alur Penelitian 26
BAB IV **27**
HASIL DAN PEMBAHASAN **27**
4.1. Analisa Data Dan Perhitungan 27
4.2. Pembahasan 29
BAB V **38**
KESIMPULAN DAN SARAN **38**
5.1. Kesimpulan 38
5.2. Saran 38
DAFTAR PUSTAKA **39**
LAMPIRAN **41**

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Simbol dan satuan cahaya..... 12

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Aktivis Filipina Illac Diaz menunjukkan lampu botol surya 4
Gambar 2. 2. skema sederhana sel PV 6
Gambar 2. 3. Monocrystalline dan polycrystalline 7
Gambar 2. 4. Ilustrasi peristiwa pemantulan 8
Gambar 2. 5. Pembiasan cahaya pada bidang batas dua medium 9
Gambar 2. 6. Skema difraksi 10
Gambar 2. 7. Ilustrasi polarisasi cahaya 11
Gambar 2. 8. Arduino Uno 13
Gambar 2. 9. Sensor Arus ACS712 14
Gambar 2. 10. Sensor Tegangan DC 15
Gambar 2. 11. Sensor BH1750 15
Gambar 3. 1. Botol 1.5 L 19
Gambar 3. 2 Atap seng 19
Gambar 3. 3. Panel Surya 20
Gambar 3. 4. Aki 20
Gambar 3. 5. Lampu LED 20
Gambar 3. 6. Solar Charge Controller 21
Gambar 3. 7. Sensor BH1750 21
Gambar 3. 8. Sensor Arus ACS712 21
Gambar 3. 9. Sensor Tegangan 22
Gambar 3. 10. Arduino Uno 22
Gambar 3. 11. National Instrument LabVIEW 22
Gambar 3. 12. Desain Alat 23
Gambar 3. 13. Rancangan Instalasi Pengujian 24
Gambar 3. 14. Rangkaian Monitoring 25
Gambar 3. 15. Diagram Alur Penelitian 26
Gambar 4. 1. Karakteristik Radiasi Matahari 29
Gambar 4. 2. Karakteristik Intensitas Cahaya Ruangan Pada Kemiringan 0˚,10˚,20˚ dan 30˚ dengan satuan lx 30
Gambar 4. 3. Karakteristik Intensitas Cahaya Ruangan Pada Kemiringan 0˚,10˚,20˚ dan 30˚ dengan satuan W/m^2 30
Gambar 4. 4. Rasio Intensitas Cahaya – Matahari Pada kemiringan 0˚,10˚,20˚ dan 30˚ 32
Gambar 4. 5. Daya Masuk (Pin) Pada kemiringan 0˚,10˚,20˚ dan 30˚ 33
Gambar 4. 6. Daya Keluar (Pout) Pada kemiringan 0˚,10˚,20˚ dan 30˚ 34
Gambar 4. 7. Daya yang Digunakan Lampu LED 35
Gambar 4. 8. Efisiensi Panel Surya Polycrystalline Pada kemiringan 0˚,10˚,20˚ dan 30˚ 36

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. PLN merupakan perusahaan penyedia listrik untuk umum dan satu satunya di Indonesia. Permasalahan utama yang dihadapi PT. PLN adalah mulai terjadinya krisis energi yang mengglobal. Hal ini menyebabkan PT. PLN harus melakukan efisiensi di segala sektor, dan yang paling utama adalah di sektor penyediaan tenaga listrik. Pemakaian listrik per kapita kadangkala digunakan sebagai indikator perkembangan suatu negara. Di negara yang sedang berkembang, industri merupakan pemakai listrik terbesar dan sekitar 30 persen masyarakat belum dapat menikmati listrik (Suharmanto, 2016).

Salah satu penggunaan listrik yang paling sering digunakan adalah lampu. Manusia sangat bergantung pada penerangan untuk membantu dalam menjalankan aktivitas manusia dirumah, tetapi masih banyak masyarakat Indonesia yang belum bisa merasakan listrik sehingga masih banyak masyarakat desa yang masih menggunakan lampu petromak untuk penerangan di malam hari.

Perkembangan era globalisasi saat ini berdampak pada kebutuhan konsumsi energi listrik yang semakin meningkat. Sangat diperlukan sumber energi alternatif terbaru untuk memenuhi kebutuhan listrik saat ini salah satunya menggunakan energi matahari (*Solar Energy*). *Solar cell* yang berfungsi untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Teknologi *Solar cell* merupakan sebuah hamparan semikonduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengkonversi menjadi listrik. *Solar cell* banyak digunakan untuk berbagai aplikasi salah satunya pada lampu penerangan (Widiatmoko, 2013).

Saat ini lampu botol surya yang berkembang yaitu dengan menggunakan botol-botol dan larutan pemutih menghasilkan *flourosense* menjadi sumber cahaya adalah salah satu alternatif dari permasalahan di atas dan diharapkan akan mampu diterapkan dan digunakan masyarakat desa yang belum bisa merasakan listrik terutama dalam penggunaan lampu. Namun perlu diketahui lampu botol surya hanya dapat berfungsi dengan optimal di siang hari karena lampu botol surya sangat bergantung pada sinar matahari.

Berdasarkan latar belakang di atas kombinasi lampu botol surya dan LED berbasis *solar cell* merupakan suatu inovasi teknologi yang dapat mengatasi permasalan di atas. Sehingga lampu botol surya ini dapat digunakan pada malam hari dengan memanfaatkan teknologi *solar cell*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang muncul dapat di rumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana desain perangkat kombinasi lampu botol surya dan LED berbasis *solar cell* yang tepat ?
2. Seberapa besar intensitas cahaya yang dihasilkan kombinasi lampu botol surya dan LED berbasis *solar cell* ?
3. Seberapa besar daya dan efisiensi *solar cell* yang diperoleh ?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas dapat diperoleh beberapa tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Untuk merancang bangun perangkat kombinasi lampu botol surya dan LED berbasis *solar cell*.
2. Untuk menentukan besar intensitas cahaya yang dihasilkan dari kombinasi lampu botol surya dengan LED berbasis *solar cell*.
3. Untuk menghitung besar daya dan efisiensi *solar cell* yang diperoleh.

1.4. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Pengambilan data pada penelitian ini dilakukan pada siang dan malam hari.
2. Jenis *solar cell* yang digunakan adalah jenis *solar cell polycrystalline* 10 W_p yang ada di pasaran.
3. LED yang digunakan adalah jenis LED 3 watt.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk memanfaatkan sinar matahari sebagai penerangan ruangan pada siang hari dengan menggunakan kombinasi lampu botol surya dan LED berbasis *solar cell.*
2. Agar dapat tercipta sebuah alat alternatif sebagai penerangan siang dan malam hari bagi masyarakat desa yang belum mendapatkan listrik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Lampu Botol Surya

Lampu botol surya pertama kali dibuat di Brazil pada tahun 2002, namun tidak diketahui dunia sampai *MyShelter Foundation* di Filipina berhasil untuk menjalankan ide tersebut dan bekerja sama dengan siswa dari Institut Teknologi Massachusetts untuk memberitahukan kepada dunia di tahun 2006. Proyek ini diberi nama "*A Liter of Light*" atau secara lokal disebut "*Isang Litrong Liwanag* ". Proyek ini adalah alternatif yang ramah lingkungan dan tanpa emisi karbon penggunaan lampu pijar dan minyak tanah di siang hari. Proyek ini adalah proyek penerangan yang berkelanjutan , yang bertujuan untuk membawa lampu botol surya ramah lingkungan ke masyarakat yang tidak terjangkau di sekitar dunia untuk menerangi rumah mereka (Wang, 2014).

Gambar 2. 1. Aktivis Filipina Illac Diaz menunjukkan lampu botol surya (https://literoflight.org/)

Lampu botol surya adalah perangkat sederhana yang terdiri dari 1,5–2 liter botol plastik diisi dengan air ditambah sedikit pemutih untuk menghambat pertumbuhan alga dan dipasang ke lubang di atap untuk membiaskan sinar matahari. Pada siang hari air di dalam botol memantulkan sinar matahari menghasilkan cahaya setara 40-60 watt lampu pijar ke bagian dalam rumah. Satu lampu botol solar surya membantu mencegah emisi karbon hingga 200 kilo dan dapat disimpan bekerja selama lima tahun.

2.2. Energi Matahari

Energi adalah kemampuan melakukan suatu kerja. Energi ini sendiri mempunyai berbagai bentuk salah satunya adalah energi matahari/surya yang dapat meradiasikannya dalam bentuk cahaya. Energi surya dipancarkan dalam bentuk radiasi gelombang elektromagnetik dengan spektrum panjang gelombang antara 0,3-2,6 μm. Di luar atmosfir bumi konstanta surya (solar constant), yaitu jumlah daya yang menimpa satu satuan luas normal terhadap radiasi pada jarak rata-rata bumi matahari adalah 1367 W/m^2 atau 1,96 kalori/(cm^{2}menit). Di permukaan bumi pencahayaan ini (radiasi langsung dan difusi oleh atmosfir) memberikan konstanta yang lebih kecil yakni 1000 W/m^2, atau sekitar 73,15 % dari konstanta surya. Apabila massa udara meningkat dan untuk daerah tampak dan ultraviolet menurun, hal ini biasanya dibahas sebagai tingkat turbilitas atau polusi atmosfir yang mempengaruhi kualitas radiasi surya (Wiro, 2015).

2.3. Sel Surya

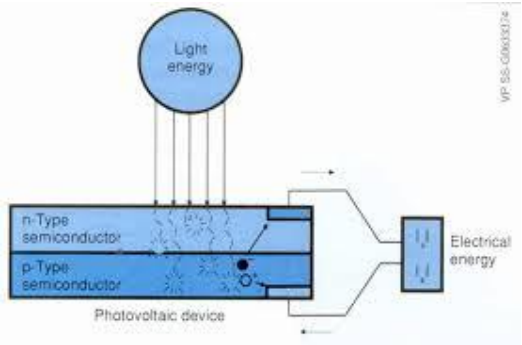
2.3.1. Efek *Photovoltaic*

Photovoltaic (PV) adalah suatu sistem atau cara langsung (*direct*) untuk mentransfer radiasi matahari atau energi cahaya menjadi energi listrik. Sistem *photovoltaic* bekerja dengan prinsip efek *photovoltaic.* Efek *photovoltaic* pertama kali ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839. Efek *photovoltaic* adalah fenomena dimana suatu sel *photovoltaic* dapat menyerap energi cahaya dan merubahnya menjadi energi listrik. Efek *photovoltaic* disefinisikan sebagai suatu fenomena munculnya voltase listrik akibat dua kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat diexpose di bawah energi cahaya (Goestzbeger, 2005).

2.3.2. Sel *Photovoltaic*

Sel PV adalah suatu perangkat yang mengkonversi energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Sistem sel PV pada dasarnya terdiri dari *pn junction* atau ikatan antara sisi positif dan negatif di dalam sebuah sistem semikonduktor. Sel

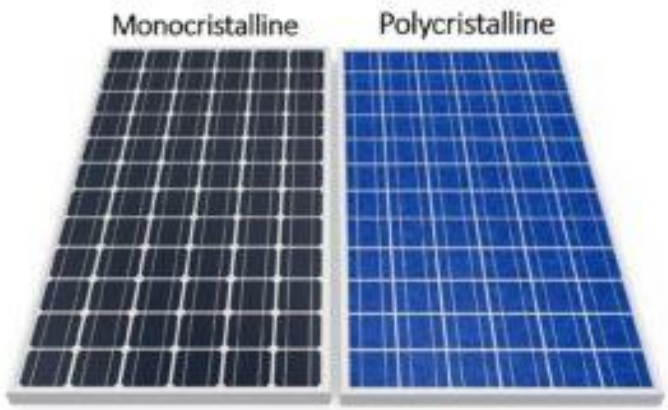
PV juga dikenal dengan nama *solar cell* atau sel surya. Namun, perbedaannya terletak pada sumber cahaya yang digunakan. Pada sel PV sumber cahaya lebih umum dan tidak disebutkan secara jelas. Sedangkan pada sel surya energi cahaya berasal dari radiasi matahari (Goestzbeger, 2005).



Gambar 2. 2. skema sederhana sel PV
(www.sandia.gov)

2.3.4. Jenis-Jenis Sel Surya

1. *Monocrystalline* merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi.Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya mataharinya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan (Napitupulu, 2017).
2. *Polycrystalline* memiliki level silikon yang lebih rendah dari panel *monocrystalline*. Maka panel ini sedikit lebih murah dan sedikit lebih rendah efisiensinya dari panel monocrystalline. Panel *Polycristalline* merupakan panel surya / solar cell yang memiliki susunan kristal acak. Type 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 (Napitupulu,2017)



Gambar 2. 3. *Monocrystalline* dan *polycrystalline*

2.4. Cahaya

Cahaya adalah gelombang elektromagnetik yang dapat ditangkap oleh mata. Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dihasilkan dari perpaduan medan listrik dan medan magnet (Suwarno, 2005).

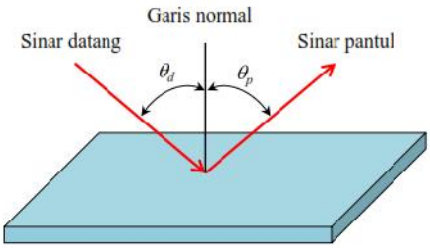
Selain itu cahaya juga mempunyai sifat yang berkaitan dengan partikel, karena energinya tidak disebarkan merata pada muka gelombang, melainkan dilepaskan dalam bentuk buntelan-buntelan seperti partikel, sebuah buntelan diskrit (kuantum) energi elektromagnet ini dikenal sebagai sebuah foton (Kenneth, 1992)

2.4.1. Kecapatan Cahaya

Kecepatan cahaya dalam sebuah vakum adalah 299.792.458 meter per detik (m/s) atau 1.079.252.848,8 kilometer per jam (km/h) atau 186.282.4 mil per detik (mil/s) atau 670.616.629,38 mil per jam (mil/h). Kecepatan cahaya ditandai dengan huruf c , yang berasal dari bahasa latin *celeritas* yang berarti “kecepatan“, dan juga dikenal sebagai konstanta Einstein (Effendi, 2013)

2.4.2. Pemantulan Cahaya

Cahaya yang jatuh pada bidang pembatas dua material mengalami pemantulan dengan sudut pantul (diukur dari arah tegak lurus bidang pembatas medium) persis sama dengan sudut datang. Gambar 2.4 adalah ilsutrasi peristiwa pemantulan cahaya.



Gambar 2. 4. Ilustrasi peristiwa pemantulan (Abdullah, 2017)

Hukum pemantulan cahaya adalah sudut sinar datang sama dengan sinar pantulnya, yang dapat dirumuskan sebagai berikut; (Abdullah, 2017)

$$\theta_d = \theta_p \tag{2.1}$$

dimana :

θ_d adalah sudut datang cahaya

θ_p adalah sudut pantul cahaya

2.4.3. Pembiasan Cahaya

Perubahan arah rambat cahaya ketika berpindah dari satu material ke material lain disebut pembiasan. Karena fenomena pembiasan ini maka benda lurus yang dimasukkan ke dalam material dengan indeks bias berbeda tampak patah pada bidang tas dua material. Pada gambar 2.5, sebuah pensil dimasukkan dalam air. Indeks bias air lebih besar daripada udara sehingga cahaya yang berpindah dari udara ke air atau sebaliknya mengalami pembiasan. Akibatnya pensil tampak patah pada bidang batas dua medium.

Berkas cahaya datang dari medium dengan indeks bias n_1 dengan sudut datang θ_d dan dibiaskan ke dalam material dengan indeks bias n_2 dan sudut bias θ_b. Dari uraian sebelumnya kita dapat meringkas di sini bahwa syarat terjadinya pembiasan adalah

a) Laju cahaya pada kedua medium berbeda
b) Arah datang cahaya tidak tegak lurus terhadap bidang pembatas kedua medium.

Hukum Snell untuk pembiasan cahaya adalah (Abdullah, 2017):

$$n_1 \sin \theta_d = n_2 \sin \theta_b \tag{2.2}$$

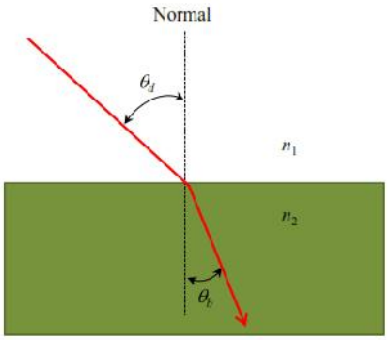
Dimana :

n_1 = indeks bias medium tempat cahaya datang

n_2 = indeks bias medium yang dituju cahaya

θ_d = sudut datang cahaya diukur dari arah tegak lurus bidang pembatas dua medium

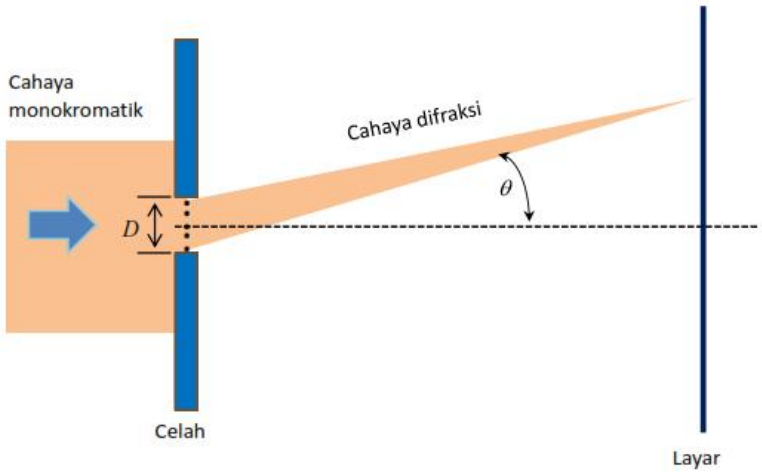
θ_b = sudut bias cahaya diukur dari arah tegak lurus bidang pembatas dua medium



Gambar 2. 5. Pembiasan cahaya pada bidang batas dua medium (Abdullah, 2017)

2.4.4. Difraksi Cahaya

Difraksi adalah penyebaran atau pembelokan gelombang pada saat melintas melalui celah atau penghalang. Gelombang difraksi selanjutnya berinterferensi satu sama lain sehingga menghasilkan daerah penguatan dan pelemahan. Difraksi juga berlangsung pada aliran partikel. Dengan kata lain,difraksi adalah peristiwa dimana berkascahaya akan dilenturkan pada saat melewati celah sempit. Difraksi juga menggambarkan suatu deviasi dari cahaya dengan pola lurus melewati lubang lensa atau disekeliling benda. Menurut Huygens bahwa setiap bagian celah akan menjadi suatu sumber gelombang (cahaya) biru (Hastuti, 2013).

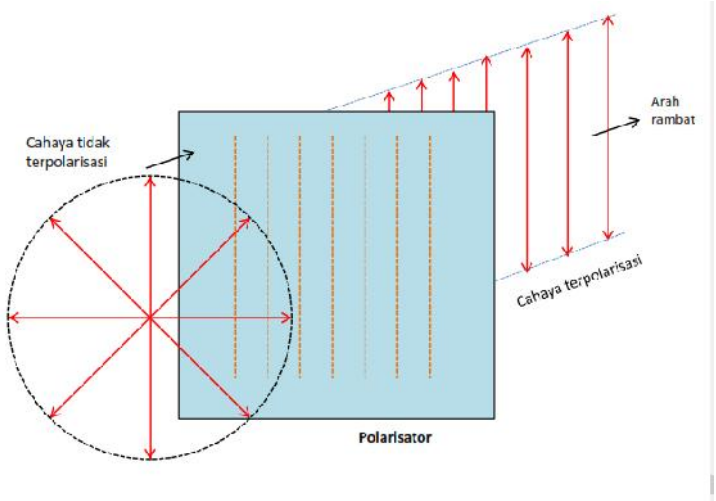


Gambar 2. 6. Skema difraksi (Abdullah, 2017)

2.4.5. Polarisasi

Gelombang elektromagnetik merupakan gelombang transversal. Arah osilasi medan magnet maupun medan listrik tegak lurus pada arah perambatan gelombang. Jika arah osilasi medan selalu memepertahankan arahnya selama gelombang merambat maka gelombang tersebut dikatakan memiliki polarisasi bidang. Dikatakan polarisasi bidang karena arah osilasi medan selama gelombang merambat selalu berada pada satu bidang.

Umumnya, gelombang yang dihasilkan suatu sumber memiliki arah osilasi medan yang berubah-ubah secara acak. Gelombang dengan arah osilasi demikian dikatakan gelombang yang tidak terpolarisasi. Gambar 2.7 adalah ilustrasi gelombang dengan arah polarisasi selalu berubah-ubah. Selama gelombang merambat, orientasi medan listrik maupun medan magnet selalu berubah (Abdullah, 2017).



Gambar 2. 7. Ilustrasi polarisasi cahaya (Abdullah, 2017)

2.5. Istilah dan satuan cahaya

Dalam buku Fisika Bangunan (Satwiko, 2004) menjelaskan istilah-istilah dalam pencahayaan beserta satuannya antara lain:

a. Arus cahaya (*luminous flux*) adalah banyak cahaya yang dipancarkan ke segala arah oleh sebuah sumber cahaya per satuan waktu (biasanya per detik), diukur dengan Lumen.

b. Intensitas cahaya (*luminous intensity*) adalah kuat cahaya yang dikeluarkan oleh sebuah sumber cahaya ke arah tertentu, diukur dengan Candela.

c. Iluminan (*illuminance*) adalah banyak arus cahaya yang datang pada satu unit bidang, diukur dengan Lux atau Lumen/m², sedangkan prosesnya disebut iluminasi (*illumination*) yaitu datangnya cahaya ke suatu objek.

d. Luminan (*luminance*) adalah intensitas cahaya yang dipancarkan, dipantulkan dan diteruskan oleh satu unit bidang yang diterangi, diukur dengan Candela/m², sedangkan prosesnya disebut luminasi (*lumination*) yaitu perginya cahaya dari suatu objek.

e. 1 lilin (*candela*) kira-kira sama dengan cahaya yang dihasilkan oleh sebuah lilin kecil; dalam standar SI (*System International*) sama dengan intensitas yang diberikan oleh 1/60 cm^2 radiator hitam pada titik leleh platina

f. 1 fc (*footcandle*, lumen/ft^2) = 10,79 lx (lux, lumen/m^2). Untuk memudahkan dalam mengingat sering dianggap 1 fc = 10 lx

g. 1 lux (lx) adalah iluminan (E) pada bidang bola berjari-jari 1 m yang bertitik pusat pada sumber cahaya (I) sebesar 1 cd

h. 1 lumen (lm) adalah arus cahaya (Φ) pada 1 m^2 bidang bola berjari-jari 1 m yang bertitik pusat sumber berkekuatan cahaya (I) sebesar 1 cd

Tabel 2. 1. Simbol dan satuan cahaya
(Satwiko, 2004)

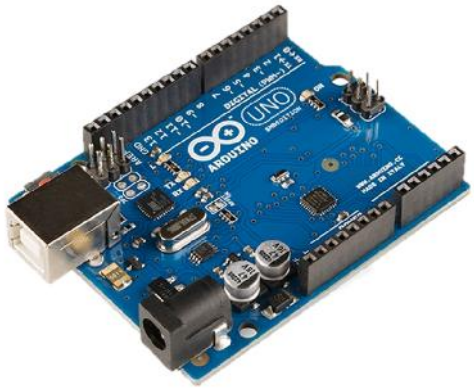
Kesatuan	Simbol	Satuan	Simbol Satuan
Kuat cahaya (intensitas cahaya)	I	Lilin (candela, candlepower)	cd
Arus cahaya, yaitu jumlah banyak cahaya (Q) persatuan waktu (t) ; $\Phi = Q/t$	Φ	Lumen	lm
Arus cahaya yang datang (iluminan) per satuan luas permukaan E $= Q/A$	E	Lux	lx
Arus cahaya yang pergi (luminan) per satuan luas permukaan IL $= I/A$	IL	Cd/m^2	Cd/m^2

2.6. Arduino Uno

Arduino adalah platform prototipe elektronik open source yang di dalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis AVR. Perangkat lunak arduino didukung oleh sistem operasi Windows, Macintosh OSX dan Linux meskipun faktanya sebagian besar mikrokontroler terbatas pada sistem operasi Windows. Bahasa perangkat lunak didasarkan pada bahasa pemrograman AVR C dan dapat diperluas melalui pustaka C. Mudah untuk menghubungkan Arduino ke sebuah komputer menggunakan sebuah kabel USB atau menyuplainya dengan adaptor AC ke DC ataupun menggunakan aki. Untuk pemrograman, Arduino Uno dapat menggunakan Arduino Software (IDE).

Gambar 2.8 menunjukkan papan Arduino yang dapat menerima input dan dapat dikonversi menjadi output yang relevan yang terdiri dari catu daya terpasang, port USB untuk berkomunikasi dengan PC, dan ATMEL chip mikrokontroler. Arduino menyederhanakan proses pembuatan sistem kontrol apa pun dengan

menyediakan papan standar yang dapat diprogram dan dihubungkan ke sistem tanpa memerlukan desain dan implementasi PCB yang canggih.(Sipani dkk, 2018)



Gambar 2. 8. Arduino Uno

Spesifikasi dari Arduino Uno adalah sebagai berikut:

- Mikrokontroler Atmega328P.
- Catu Daya 5V.
- Tegangan Input (rekomendasi) 7-12V.
- Tegangan Input (batasan) 6-20V.
- Pin I/O digital sejumlah 14 pin (enam diantaranya menyediakan output PWM).
- Pin input analog sejumlah 6 pin.
- Arus DC per pin I/O sebesar 40 mA.
- Arus DC per Pin I/O untuk pin 3.3V sebesar 50mA.
- Flash memory sebesar 32 KB (Atmega328) dimana 0,5 digunakan oleh bootloader.
- SRAM sebesar 2 KB.
- EEPROM sebesar 1 KB.
- Kecepatan clock sebesar 16 MHz.
- Panjang board 68,6 mm.
- Lebar board 53,4 mm.
- Berat 25 g.

2.7. Sensor Arus

Sensor ACS712 adalah sensor arus dengan memanfaatkan Hall effect. Cara kerja sensor ACS712 yaitu dengan membaca arus yang mengalir pada kabel tembaga yang terdapat di dalamnya yang menghasikan medan magnet yang ditangkap oleh Hall Effect IC dan diubah menjadi tegangan proporsional.

Sensor ini untuk mengumpulkan informasi dari arus listrik yang mengalir dalam jaringan tenaga listrik, dan mikrokontroler untuk memonitor nilai yang dikumpulkan oleh sensor untuk membuat keputusan yang diperlukan sesuai pada sistem yang digunakan.(P. Sciencedirect,2018)

Gambar 2. 9. Sensor Arus ACS712

2.8. Sensor Tegangan DC

Sensor tegangan DC merupakan rangkaian pembagi tegangan yang dibuat menjadi sebuah modul. Modul sensor tegangan DC ini mampu untuk mengukur tegangan hingga 25 V. Pada modul sensor tegangan DC yang ditunjukkan pada gambar 6 terdapat tiga pin. Pin S merupakan pin output sensor yang akan dihubungkan ke ADC arduino nano, pin + disambungkan ke 5 V arduino dan pin – dihubungkan ke ground arduino (Imron, 2018).

Gambar 2. 10. Sensor Tegangan DC

2.9. Sensor BH1750

GY-302 Digital Light Intensity Sensor Module adalah sebuah modul sensor cahaya berbasis IC BH1750. BH1750 adalah sebuah IC sensor cahaya dengan antarmuka IC. Modul ini memberikan nilai output digital melalui IC bus, sehingga Anda tidak perlu lagi menambahkan konverter ADC (Limbong, 2018).

Gambar 2. 11. Sensor BH1750

Spesifikasi :

- Catu Daya : 4.5 V
- Resolusi : 0 - 65535 lux
- Antarmuka : IC
- Jenis Output : Digital
- Chip Sensor : BH1750FVI
- Dimensi : 13.9 x 18.5 mm

Modul sensor intensitas cahaya BH1750 adalah sensor cahaya digital yang memiliki keluaran sinyal digital, sehingga tidak memerlukan perhitungan yang rumit. Sensor BH1750 ini lebih akurat dan lebih mudah digunakan jika

dibandingkan dengan sensor lain seperi foto diode dan LDR yang memiliki keluaran sinyal analog dan perlu melakukan perhitungan untuk mendapatkan data intensitas. Sensor cahaya digital BH1750 ini dapat melakukan pengukuran dengan keluaran lux (lx) tanpa perlu melakukan perhitungan terlebih dahulu .

2.10. Listrik

Listrik dapat diartikan sebagai suatu daya yang muncul akibat terjadinya suatu gesekan atau dikarenakan sebab lain seperti proses kimia (B. Mismail, 1995).

2.10.1. Arus Listrik

Arus listrik adalah aliran bermuatan listrik. Aliran ini berupa aliran elektron atau aliran ion. Aliran ini mengalir melalui media penghantar listrik yang disebut konduktor (B. Mismail, 1995).

$$I = \frac{V}{R} \tag{2.3}$$

Keterangan :

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

R = Hambatan (Ohm)

2.10.2 .Tegangan Listrik

Tegangan listrik adalah perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik. Tegangan listrik merupakan ukuran beda potensial yang mampu membangkitkan medan listrik sehingga menyebabkan timbulnya arus listrik dalam sebuah konduktor listrik (B. Mismail, 1995).

$$V = I \times R \tag{2.4}$$

Keterangan

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

R = Hambatan (Ohm)

2.10.3. Daya Listrik

Daya listrik atau *electrical power* adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit/rangkain.

$$P = V \times I \tag{2.5}$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

2.11. Perhitungan Daya Masuk

Sebelum mengetahui nilai daya yang dihasilkan harus diketahui daya yang diterima (daya input), dimana daya tersebut adalah perkalian antara radiasi matahari yang diterima dengan luas area modul panel surya dengan persamaan (Ihsan, 2013):

$$P_{in} = G\,A \tag{2.6}$$

Keterangan

P_{in} = Daya input (Watt)

G = Radiasi Matahari (Watt/m^2)

A = Luas permukaan panel surya (m^2)

2.12. Perhitungan Daya Keluar

Untuk besaran daya keluar pada panel surya (P_{out}) adalah perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{OC}), arus hubung singkat (I_{OC}) dan *Fill Factor* (FF) yang dihasilkan oleh sel photovoltaic yang dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Ihsan, 2013):

$$P_o = V_O \quad I_S \quad F \tag{2.7}$$

Keterangan :

P_o = Daya yang dihasilkan oleh sel surya (Watt)

V_o = Tegangan rangkaian terbuka pada sel surya (Volt)

I_S = Arus hubung singkat pada sel surya (Amper)

FF = Fill Factor dapat dihitung dengan rumus

$$F = \frac{V_M \times I_M}{V_O \times I_S} \tag{2.8}$$

V_M = Tegangan maksimum pada sel surya (Volt)

I_M = arus maksimum pada sel surya (Ampere)

2.13. Efisiensi Panel Surya

Titik daya maksimum yang dihasilkan sel surya disebut sebagai MPP (Maximum Power Point). Tegangan maksimum (V_{MPP}) biasanya kurang dari tegangan dari rangkaian terbuka sehingga arus I_{MPP} lebih rendah juga di bandingkan dengan aarus rangkaian pendek. Perbandingan antara daya listrik maksimum sel surya atau daya output yang dikeluarkan dengan daya pancaran radiasi yang berasal dari cahaya matahari sel surya (Ihsan, 2013).

$$\eta = \frac{I\ x\ V\ x\ FF}{(G)(A)}\ x\ 100\% \tag{2.9}$$

$$\eta = \frac{P}{P}\ x\ 100\% \tag{2.10}$$

Keterangan :

Pout = daya uang dihasilkan sel surya (Watt)

Pin = daya masuk (Watt)

G = radiasi matahari (W/m^2)

A = luas permukaan sel surya (m^2)