

Lampu Mandiri sebagai Salah Satu Fungsi Penerangan Jalan Kawasan Perkotaan

Medi Yuwono Tharam, Syarif Agus Salim, & Rusman

*Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Pontianak
Jalan Ahmad Yani Pontianak 78124
E-mail: mytharam@yahoo.com*

Abstrak: Pencahayaan merupakan salah satu media bagi manusia untuk meningkatkan kenyamanan dalam melaksanakan kegiatan, disamping itu dapat pula membangkitkan keindahan di lingkungan lampu tersebut berada. Sumber penerangan sebagai pencahayaan kini lebih banyak menggunakan komponen elektronika seperti *Light Emited Diode* (LED) karena hanya mengkonsumsi daya kecil namun menghasilkan pencahayaan yang besar. Kaji penggunaan led daya besar (HPL) dan led SMD sebagai sumber penerangan, *solar cell* mini 6 Volt 1 Watt sebagai alat untuk menghasilkan energi listrik yang nantinya di simpan pada baterai, sensor LDR sebagai pengendali lampu dan LM317 dijadikan *buck converter* untuk menurunkan tegangan yang selanjutnya dipergunakan untuk men-charging baterai 18650. Penggunaan baterai sekunder Li-Ion nominal tegangan 3,7 Volt dan solar cell mini 6 Volt 1 Watt didapat arus charger rata-rata 48,59mA.

Kata Kunci; *Solar Cell mini, LDR, TP4056, LM317*

Upaya pengurangan penggunaan bahan bakar fosil sebagai sumber pembangkit energi listrik sudah banyak dilakukan. Selain karena ketersediannya yang terus berkurang, penggunaan energi tersebut menghasilkan efek gas rumah kaca dan berkontribusi besar bagi pemanasan global. Pada saat ini sudah banyak yang mulai menggunakan energi alternatif ramah lingkungan. Penggunaan energi tersebut umumnya sebagai pembangkit listrik, mulai dari skala kecil hingga skala besar. Matahari sebagai energi utama di planet bumi ini, kini energi tersebut sering dimanfaatkan sebagai energi alternatif dengan mengubahnya menjadi energi listrik.

Energi matahari dapat langsung digunakan oleh manusia. Disamping itu energi matahari dapat dijadikan sumber energi listrik alternatif, hal tersebut dapat dilakukan dengan penggunaan panel surya. Energi matahari yang berupa paparan sinar matahari dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik arus

searah, selanjutnya dapat digunakan mengaktifkan perangkat arus searah, seperti lampu penerangan berbasis LED. Diode pemancar cahaya memiliki tegangan dan arus kerja yang spesifik, karenanya penggunaan lampu berbasis led memerlukan beberapa pengaturan dan penggunaan driver. Driver tersebut digunakan untuk mengatur penggunaan arus dan pengaturan daya pada led.

Menurut jenis output yang dihasilkan terdapat tiga kelompok driver yaitu, Konstan Current (CC) - LED berada dalam koneksi serial dan driver memberikan nilai arus yang presisi, Tegangan Konstan (CV) – LED dalam koneksi paralel yang ideal untuk strip LED dekoratif, topologi ini tidak direkomendasikan untuk peredupan dan Khusus Driver (CC + CV) - solusi yang lebih kompleks yang memungkinkan kedua seri dan koneksi paralel. Ada beberapa parameter untuk pertimbangan ketika memilih driver LED: nilai arus / tegangan, nilai daya dan efisiensi perangkat. ^[1]

Menurut Irawan Rahardjo dan Ira Fitriana, Indonesia memiliki banyak potensi energi terbarukan, seperti tenaga air (termasuk minihidro), panas bumi, biomasa, angin dan surya (matahari) yang bersih dan ramah lingkungan, tetapi pemanfaatannya belum optimal. Belum optimalnya pemanfaatan energi terbarukan disebabkan biaya pembangkitan pembangkit listrik energi terbarukan, seperti tenaga surya, tidak dapat bersaing dengan biaya pembangkitan pembangkit listrik berbahan bakar energi fosil (bahan bakar minyak, gas bumi, dan batubara). Indonesia terletak di garis katulistiwa, sehingga Indonesia mempunyai sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4,8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia. Dengan berlimpahnya sumber energi surya yang belum dimanfaatkan secara optimal, sedangkan di sisi lain ada sebagian wilayah Indonesia yang belum teraliri listrik karena tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN, sehingga Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan sistemnya yang modular dan mudah dipindahkan merupakan salah satu solusi yang dapat dipertimbangkan sebagai salah satu pembangkit listrik alternatif.^[2]

Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) adalah lampu yang digunakan untuk penerangan jalan di malam hari sehingga mempermudah pengguna yang melaluinya. Penerangan jalan di kawasan perkotaan memiliki fungsi antara lain menghasilkan kekontrasan antara objek dan permukaan jalan, alat bantu navigasi bagi pengguna jalan, memberikan keindahan serta keamanan lingkungan.^[3]

Beberapa menyebutkan penggunaan pencahayaan yang umum adalah untuk menerangi ruang-ruang yang ditujukan untuk penggunaan pejalan kaki. Pencahayaan yang memadai dapat mencegah kecelakaan, membantu perlindungan polisi, dan memfasilitasi arus lalu lintas pejalan kaki.

Penghematan energi banyak dilakukan di berbagai sektor termasuk dipenggunaan lampu penerangan, karena sekarang banyak digunakan lampu basis led dan memanfaatkan energi matahari sumber energi listriknya. Penggunaan energi tersebut memerlukan beberapa perlakuan dari perangkat tertentu agar dapat bekerja mandiri sesuai dengan hasil pembacaan perangkat pengatur yang disusun sedemikian rupa. Karenanya dilakukan kajian penggunaan energi matahari untuk penerangan basis led yang digunakan pada wilayah perkotaan untuk membantu menghasilkan penerangan kekontrasan navigasi dan keindahan lingkungan

Penggunaan energi surya dan perangkat elektronika memungkinkan pemanfaatan energi tersebut pada sistem penerangan mandiri dengan menggunakan led jenis HPL dan jenis SMD. Dimana penerangan tersebut difungsikan untuk mendapatkan kekontrasan dan keindahan lingkungan sekitar.

Dengan adanya kajian ini dan dengan memanfaatkan panel solar cell kemasan kecil yang kini mudah diperoleh, penggunaan sumber cahaya tegangan dc dan dengan kemasan yang sedemikian rupa ditambah penggunaan perangkat elektronika serta perlakuan tertentu, dapat dihasilkan salah satu bentuk perangkat penerangan untuk luar ruangan.

Diharapkan dengan memanfaatkan perangkat tersebut dapat meningkatkan keindahan kekontrasan di waktu malam pada area yang menggunakannya. Disisi lain kegiatan ini sebagai salah satu wujud nyata mendukung langkah-langkah penggunaan teknologi tepat guna bagi masyarakat dalam hal penggunaan energi listrik alternatif

Dioda pemancar cahaya (LED) menggunakan bahan semikonduktor majemuk seperti galium arsenide atau indium phosphide. Saat meneruskan arus, cahaya dipancarkan. Warna cahaya dan kecerahan tergantung pada bahan semikonduktor yang digunakan dioda. LED

memiliki tegangan maju sekitar 1,6 V hingga 2,2 V. [4]

Diode pemancar cahaya adalah sejenis diode yang diproduksi dengan cara yang meningkatkan kemampuannya untuk menghasilkan cahaya saat arus mengalir melalui sambungan P-N. Ini melibatkan sebuah proses yang disebut doping, dimana kotoran khusus ditambahkan ke semikonduktor murni bahan yang digunakan dalam komponen. Meskipun semua semikonduktor menambahkan kotoran (jika tidak, mereka tidak berfungsi), LED akan menghasilkan cahaya sebagai produk sampingan dari aliran tersebut. LED ada dalam berbagai bentuk, ukuran, dan tingkat output. Beberapa jenis, dirancang untuk aplikasi antarmuka, sangat kecil, sementara yang lain cukup besar untuk digunakan untuk tujuan penerangan. LED juga hadir dalam berbagai warna. [5]

Sifat dioda yaitu dapat menghantarkan arus pada tegangan maju dan menghambat arus pada tegangan balik. Dioda berasal dari pendekatan kata dua elektroda yaitu anoda dan katoda. Dioda hanya melewatkan arus searah saja (*forward*). Dioda emisi cahaya atau dikenal dengan singkatan LED merupakan *Solid State Lamp* yang merupakan piranti elektronik gabungan antara elektronik dengan optik, sehingga dikategorikan pada keluarga "*Optoelectronic*".

Untuk menjaga jumlah arus yang diberikan kepada LED dilakukan dengan memberi pembatas arus mengikuti formula sebagai berikut.

$$R = \frac{V_{in} - V_{led}}{I_{Led}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- R = Resistor pembatas arus LED
- V_{in} = Tegangan yang dikenakan pada LED
- V_{led} = Tegangan kerja LED
- I_{led} = Arus LED

Sedangkan daya dinyatakan dengan persamaan:

$$W_{led} = I_{led} \times V_{led} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- W_{led} = Konsumsi daya LED
- V_{led} = Tegangan kerja LED
- I_{led} = Arus LED

Electronics-tutorials.ws mengatakan fungsi transistor yang paling utama adalah sebagai penguat arus dan sebagai saklar. Transistor sebagai penguat arus sering dipakai di amplifier sedangkan Transistor sebagai saklar sering ditemukan pada rangkaian lampu otomatis. Beberapa ilmuwan mengatakan ketika transistor digunakan sebagai penguat sinyal AC, tegangan bias transistor diterapkan sedemikian rupa sehingga selalu beroperasi dalam wilayah aktif, yaitu bagian linier dari kurva karakteristik output yang digunakan. Transistor bipolar tipe NPN & PNP dapat dibuat untuk beroperasi sebagai saklar dengan mem-bias terminal basis transistor secara berbeda dengan yang untuk penguat sinyal.

Switch solid state adalah salah satu aplikasi utama penggunaan transistor untuk mengalihkan output DC -ON atau -OFF ke beberapa perangkat output, seperti LED hanya memerlukan beberapa milliamps pada tegangan DC tingkat logika dan karenanya dapat didorong langsung oleh output gerbang logika. Namun, perangkat daya tinggi seperti motor, solenoid atau lampu, sering membutuhkan daya lebih dari yang disediakan oleh gerbang logika biasa sehingga perlunya penggunaan switch transistor. Jika rangkaian menggunakan Transistor Bipolar sebagai Switch, maka bias transistor, baik NPN atau PNP diatur untuk mengoperasikan di kedua sisi kurva karakteristik "I-V" seperti disajikan gambar 1.

Area operasi untuk saklar transistor dikenal sebagai Wilayah Saturasi dan Daerah *Cut-off*. Menggunakan transistor sebagai saklar dengan mengendalikan secara bolak-balik antara "sepenuhnya-OFF" (*cut-off*) dan

"sepenuhnya- ON "(kejenuhan) daerah . Daerah Cut-off, di sini kondisi operasi transistor adalah input basis arus (IB) nol, arus keluaran kolektor (IC) nol dan tegangan kolektor maksimum (VCE) yang menghasilkan lapisan penipisan besar dan tidak ada arus yang mengalir melalui perangkat. Oleh karena itu transistor diaktifkan "*Fully-OFF*".

Input dan Base dibumikan (0v)

- ❖ tegangan *Base-Emitter* $V_{BE} < 0,7v$
- ❖ Persimpangan *Base-Emitter* terbalik
- ❖ Kolektor *Base-Collector* adalah bias terbalik
- ❖ Transistor adalah "sepenuhnya-OFF" (daerah *Cut-off*)
- ❖ Arus Arus Kolektor tidak ada ($I_C = 0$)
- ❖ $V_{OUT} = V_{CE} = V_{CC} = "1 "$
- ❖ Transistor beroperasi sebagai "saklar terbuka"

Daerah Saturasi, di sini transistor akan bias sehingga jumlah maksimum arus basis diterapkan, sehingga arus kolektor maksimum menghasilkan penurunan tegangan emitor kolektor minimum yang menghasilkan lapisan deplesi menjadi sekecil mungkin dan arus maksimum yang mengalir melalui transistor. Oleh karena itu transistor diaktifkan "*Fully-ON*".

Input dan Base terhubung ke VCC

- ❖ tegangan *Base-Emitter* $V_{BE} > 0.7v$
- ❖ Persimpangan *Base-Emitter* bias maju
- ❖ Kolom *Base-Collector* bias maju
- ❖ Transistor adalah "sepenuhnya-ON" (wilayah saturasi)
- ❖ Arus arus *Collector* Maks ($I_C = V_{cc} / R_L$)
- ❖ $V_{CE} = 0$ (saturasi ideal)
- ❖ $V_{OUT} = V_{CE} = "0 "$
- ❖ Transistor beroperasi sebagai "saklar tertutup"

Ada saklar Transistor PNP, beban terhubung ke *ground* (0v) untuk menghidupkan transistor PNP yang beroperasi sebagai saklar "ON", *terminal Base* terhubung ke *ground* atau nol volt (LOW) seperti yang ditunjukkan gambar 4.

Immersa-lab.com menyatakan bahwa LDR (*Light Dependent Resistor*) merupakan salah satu komponen resistor yang nilai resistansinya akan berubah-ubah sesuai dengan intensitas cahaya yang mengenai sensor ini. Semakin banyak cahaya yang mengenainya, maka akan semakin menurun nilai resistansinya. Sebaliknya jika semakin sedikit cahaya yang mengenai sensor (gelap), maka nilai hambatannya akan menjadi semakin besar sehingga arus listrik yang mengalir akan terhambat. DR berfungsi sebagai sebuah sensor cahaya dalam berbagai macam rangkaian elektronika seperti saklar otomatis berdasarkan cahaya yang jika sensor terkena cahaya maka arus listrik akan mengalir (ON) dan sebaliknya jika sensor dalam kondisi minim cahaya(gelap) maka aliran listrik akan terhambat(OFF).

ON Semiconductor dalam buku *Linear & Switching Voltage Regulator Handbook* menyatakan bahwa Regulasi tegangan adalah upaya bagaimana pengaturan keluaran dari suatu catu daya. Diagram blok fungsional dasar dari pengatur tegangan ditunjukkan pada Gambar 5. Ini terdiri dari referensi stabil, tegangan output V_{ref} , dan penguat kesalahan gain tinggi. Hasil tegangan (V_o), sama dengan atau kelipatan dari V_{ref} .

Regulator akan cenderung menjaga V_o konstan dengan merasakan apapun perubahan dalam V_o dan mencoba mengembalikannya ke nilai aslinya. Oleh karena itu, regulator tegangan yang ideal bisa dianggap sebagai sumber tegangan dengan tegangan output yang konstan. Namun, dalam prakteknya pengaturan tegangan keluaran lebih baik menggunakan IC seperti pemodelan yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Pada gambar 6. regulator dimodelkan sebagai sumber tegangan dengan impedansi keluaran positif (Z_o). Nilai sumber tegangan (V) tidak konstan; melainkan bervariasi sesuai dengan perubahan tegangan suplai (V_{CC}) dan dengan perubahan suhu sambungan IC (TJ)

yang disebabkan oleh perubahan suhu dan kekuatan lingkungannya. Juga, tegangan keluaran regulator (V_O) dipengaruhi oleh jatuh tegangan di Z_O , yang disebabkan oleh arus keluaran (I_O).^[6]

Regulasi tegangan ini berkaitan dengan turun dan naiknya tegangan yang dihasilkan. Regulator adalah bagian catu daya yang difungsikan untuk memberikan stabilitas tegangan keluaran pada suatu catu daya. Tegangan DC dari penyearah tanpa regulator mempunyai kecenderungan memiliki perubahan besar tegangan saat mendapatkan beban atau saat perubahan tegangan keluaran transformator. Adanya perubahan pada tegangan input AC dan variasi beban merupakan penyebab utama terjadinya ketidakstabilan pada catu daya. Pada sebagian peralatan elektronika, terjadinya perubahan tegangan akan mengakibatkan hal yang fatal.

Beberapa jenis atau tipe IC regulator tegangan dan dibedakan menjadi^[7]: (1) *Fixed Voltage Regulator* seperti 78xx (merupakan IC regulator untuk tegangan positif) dan 79xx (merupakan IC regulator untuk tegangan negatif); (2) *Adjustable Voltage Regulator* seperti LM317 (merupakan IC regulator untuk tegangan positif) dan LM337 (merupakan IC regulator untuk tegangan negatif).

Untuk menentukan tegangan keluaran pada rangkaian di atas digunakan persamaan berikut.

$$V_O = 1,25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) I_{ADJ} \times R_2 \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

V_O = Tegangan keluaran dalam Volt (V)
 R_1/R_2 = Resistansi resistor dalam Ohm (Ω)
 I_{ADJ} = Arus pada kaki adjustment IC LM317 dalam Ampere (A)

Untuk membuatnya menjadi regulator tegangan variabel resistor R_2 diganti dengan potensiometer / variabel resistor dengan nilai resistansi sebesar $5k\Omega$ sampai dengan $10k\Omega$, seperti gambar 8.

Dengan sifatnya yang dapat menjaga dan diatur tegangan keluarannya, penggunaan regulator tegangan dalam penelitian ini selanjutnya dimanfaatkan untuk melakukan pengisian muatan baterai yang digunakan sebagai sumber tegangan DC pada perangkat yang dirancang.

Baterai merupakan alat penyimpan energi listrik DC yang dapat diisi melalui panel surya atau menggunakan listrik AC melalui perangkat adaptor. Pada dasarnya dikenal dua jenis baterai, yaitu baterai primer dimana jenis ini tidak dapat diisi ulang sedangkan baterai sekunder adalah jenis baterai yang dapat dicas ulang.

Proses elektrokimia baterai sekunder bersifat reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Di dalam baterai dapat berlangsung terjadinya proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik, dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia, yaitu pengisian kembali dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel baterai. Energi yang diisikan ke baterai semula merupakan energi listrik kemudian tersimpan sebagai energi kimiawi pada baterai yang kembali akan berubah menjadi energi listrik saat baterai tersebut dipergunakan.

Kebanyakan baterai portabel berdaya waktu pengeluaran (discharge rating) 1C, pada baterai yang berkapasitas 1000 mAh dengan daya pengeluaran 1C, dalam kondisi ideal harus dapat memberikan arus sebesar 1000 mA selama satu jam. Demikian halnya dengan baterai yang sama dan berdaya pengeluaran 0.5C, akan memberikan arus sebesar 500mA selama dua jam, dan pada daya pengeluaran 2C, baterai 1000 mAh akan memberikan 2000 mA selama 30 menit. Istilah 1C juga dikenal sebagai waktu daya pengeluaran satu jam, 0.5C

adalah waktu pengeluaran dua jam, dan 2C adalah waktu pengeluaran setengah jam.

Depth of Discharge (DOD) merupakan durasi penyimpanan energi pada baterai. *Depth of Discharge* baterai adalah suatu ketentuan discharge maksimum yang dapat diberlakukan pada suatu baterai tersebut. Pengaturan DOD berperan dalam menjaga usia pakai (*life time*) dari baterai tersebut. Semakin dalam DOD yang diberlakukan pada suatu baterai, maka semakin pendek pula usia pakai dari baterai tersebut. DOD yang diberlakukan pada baterai yang akan digunakan (*Deep Cycle Battery*) pada sistem kali ini adalah sebesar 50%. Tabel 1. menunjukkan hubungan antara DOD dan usia pakai dari suatu baterai.

Tabel 1. Tabel Usia baterai berdasarkan DoD

<i>Depth Of Discharge</i> (DOD)	Usia Baterai dalam <i>Cycle</i>
10%	6200
20%	5200
30%	4400
40%	3700
50%	3000
60%	2400
70%	2000

DoD baterai 50%, yang berarti bahwa hanya 50% dari energi yang tersedia yang dikeluarkan dan 50% tetap di cadangan. Aki yang tidak dikuras habis sampai 100% kosong, itu untuk mencegah pengerusakan dan memperpanjang usia baterai/aki.

Baterai umumnya terdiri dari sejumlah CELLS yang setiap cellnya menghasilkan sekitar 2 volt. Baterai kecil mengandung 6 sel dalam suatu wadah yang ditambahkan bersama untuk menghasilkan 12 volt di terminalnya. Sel yang lebih besar terhubung bersama 'dalam seri' untuk membuat tegangan baterai baik 12 volt (6 sel) atau 24 volt (12 sel). Meskipun baterai disebut baterai '12 volt ', voltasenya bervariasi dari sekitar 12,6 volt ke bawah 10 volt saat pemakaian dan dapat naik hingga 15 atau 16 volt selama pengisian. Untuk membatasi tegangan maksimum baterai selama

pengisian yang dapat mengakibatkan baterai rusak, tegangan baterai tidak boleh melebihi 13,8 volt untuk waktu yang lama dan 14,4 volt untuk periode pendek (maksimum 8 jam).^[8]

Baterai Lithium, dalam baterai ini, bahan karbon digunakan pada anoda dan bahan oksida logam yang mengandung lithium digunakan di katoda. Ion Lithium bermigrasi di antara kedua elektroda tersebut melalui elektrolit. Dengan mendesain baterai ini sesuai dengan kapasitas bahan karbon yang dapat dibalik, Ion Lithium tidak ada keluar dari bagian tersebut selama proses pengisian atau pengosongan daya. Pengisian baterai dan pemakaian dilakukan melalui migrasi ion lithium antara katoda dan anoda dan pertukaran elektron melalui doping dan deduksi. Lebih khusus, selama pengisian lithium dideduksi dari katoda yang terdiri dari mengandung senyawa lithium, dan interlayers karbon di anoda diolah dengan lithium. Sebaliknya, selama lithium debit dideduksi dari antara lapisan karbon dalam anoda, dan lapisan majemuk di katoda diolah dengan lithium. Reaksi terjadi di baterai isi ulang lithium ion menggunakan LiCoO₂ (lithium cobaltate) di katoda dan karbon dalam anoda. Dengan cara pengisian awal, yang berlangsung selama pembuatan baterai, lithium ion bermigrasi dari senyawa lithium katoda ke bahan karbon dari anoda.^[9]

Rangkaian untuk mengisi ulang baterai dalam produk portabel adalah bagian penting desain catu daya. Kompleksitas dan biaya dari sistem pengisian daya terutama tergantung pada jenis baterai dan waktu isi ulang^[10].

Penggunaan baterai sekunder dimaksudkan untuk memudahkan pemenuhan kebutuhan akan energi listrik setiap saat, sehingga tidak memerlukan lagi pengisian menggunakan listrik sumber PLN. Fotovoltaik adalah teknologi yang menghasilkan daya listrik arus searah (DC) dalam Watts (W) atau kiloWatts (kW) saat foton dari bahan semikonduktor terpapar cahaya. Selama cahaya

bersinar mengenai sel surya (nama untuk individu Elemen PV), menghasilkan energi listrik. Ketika cahaya berhenti, energi listrik yang dihasilkanpun berhenti^[11].

Sel surya terbuat dari bahan disebut semikonduktor, yang memiliki ikatan elektron yang lemah, menempati sekelompok energi yang disebut band valensi. Ketika energi melebihi ambang batas tertentu, yang disebut celah pita energi, diterapkan ke elektron valensi, ikatan menjadi rusak dan elektron bebas untuk bergerak dalam band energi baru yang disebut pita konduksi di mana ia bisa menghasilkan listrik. Dengan demikian, elektron bebas di pita konduksi dipisahkan dari pita valensi oleh celah pita (diukur dalam satuan volt elektron atau eV). Energi ini diperlukan untuk membebaskan elektron dihasilkan oleh foton, saat terkena partikel cahaya^[11].

Pada proses *charger*, tegangan input berasal dari tegangan yang dihasilkan solar cell yang selanjutnya dialirkan ke baterai. Tegangan harus lebih besar minimal 2 – 3 volt dari nominal tegangan baterai yang akan di isi. Tegangan yang dihasilkan oleh solar cell berubah ubah sesuai dengan paparan sinar matahari yang mengenyainya. Sistem pengisian menggunakan *solar cell* belum lengkap tanpa penggunaan pengontrol muatan. Pengontrol muatan mengambil energi dari panel surya dan mengubah tegangan tersebut sehingga cocok untuk pengisian baterai. Tegangan suplai untuk baterai 12V adalah sekitar 16V. Ini memungkinkan pengisian timbal asam hingga 14.40V (6 x 2.40V/sel) dan Li-ion ke 12.60 (3 x 4.20V/sel). Tegangan 2.40V/ sel untuk asam timbal dan 4.20V/sel untuk lithium-ion adalah ambang tegangan pengisian penuh^[12]

Penggunaan regulator diperlukan untuk meregulasi tegangan keluaran solar cell agar nilainya senantiasa stabil, layaknya sistem manajemen baterai agar supaya tidak merusak

baterai akibat proses pengisian baterai dilakukan hingga penuh. Jika kondisi ini dibiarkan maka baterai akan cepat mengalami kerusakan. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlu rangkaian lain yang bertugas sebagai saklar otomatis yang akan memutus tegangan dari proses pengecasan.

METODE

Beberapa prosedur yang dilakukan dalam mewujudkan lampu mandiri sebagai berikut, waktu dan tempat pelaksanaan kegiatan di Bengkel Elektronika Politeknik Negeri Pontianak. Pengambilan data tegangan keluaran dan arus PV, tegangan dan arus charger, kinerja sensor LDR dilakukan di ruangan perawatan dan perbaikan dimana pelaksanaannya dilakukan mulai pukul 07.00 - 16.00 di awal bulan Juli hingga akhir Agustus 2018. Pengukuran besaran tegangan yang dihasilkan oleh sel surya dan rangkaian pengecas baterai otomatis menggunakan alat ukur analog SANWA YX360TRF dan multimeter digital KW06007.

Pengukuran tegangan keluaran dari PV dan penyegar baterai (rangkaiian *charger*). Pelaksanaan pengukuran dilakukan dalam 7 hari selama 4 minggu, dimana setiap 30 menit dilakukan pengukuran dimulai pukul 07.00 hingga 16.00. Disaat yang bersamaan dilakukan pula pengukuran arus pengecasan yang dihasilkan oleh rangkaian. Sistem *charging* menggunakan LM317 sebagai regulator tegangan dan TP4056 sebagai pengisi baterai Lithium-ion tunggal dengan arus dan tegangan yang konstan, serta menjaga status pengisian baterai. Pengaturan kondisi hidup dan matinya lampu menggunakan sensor LDR yang dirangkaiian sedemikian rupa hingga menjadi rangkaian sensor yang keluarannya mengendalikan nyalanya lampu. Lampu yang dipakai menggunakan komponen led smd dan HPL. Untuk mengetahui konsumsi arus yang terjadi,

dilakukan simulasi dengan tegangan tetap sebesar 3 Volt. Pelaksanaan simulasi catu daya PPS3003S.

HASIL

Solar cell mini

Matahari memberikan energi dalam dua bentuk utama yaitu panas dan cahaya. Ada dua utama jenis sistem tenaga surya, yaitu sistem panas matahari yang memerangkap panas untuk menghangatkan air, dan sistem Photovoltaic surya yang mengubah sinar matahari langsung menjadi listrik seperti yang ditunjukkan pada modul PV yang terkena sinar matahari, mereka menghasilkan arus searah ("DC") listrik.

Umumnya sebuah sistem PV surya ini didukung oleh banyak modul PV film kristal atau tipis. Individu sel PV saling berhubungan membentuk modul PV (Photovoltaics). PV sel terbuat dari bahan semikonduktor peka cahaya yang menggunakan foton untuk mengeluarkan elektron untuk menghasilkan arus listrik. Ada dua kategori besar dari teknologi yang digunakan untuk sel PV yaitu, silikon kristal yang menyumbang mayoritas produksi sel PV, dan film tipis yang lebih baru dan semakin populer.

Penggunaan solar cell mini 6V 1W dengan arus kerja maksimal 200mA tipe JL110X60 ini memberikan beberapa hasil pengukuran terhadap tegangan keluaran, sebagai akibat dari paparan sinar matahari yang diterimanya pada waktu tertentu.

LED (Light Emited Diode)

Cahaya merupakan suatu bentuk energi yang diradiasikan atau dipancarkan dari sebuah sumber dalam bentuk gelombang dan merupakan bagian dari keseluruhan kelompok gelombang-gelombang elektromagnet, yang diubah menjadi cahaya tampak. Cahaya yang dapat dilihat bervariasi dalam warna dan warna tersebut bergantung pada panjang gelombang cahaya tersebut. Panjang gelombang cahaya

tampak mempunyai rentang antara 400 nm hingga 750 nm.

Upaya untuk menghemat energi kini banyak digunakan jenis lampu basis LED (*Light Emited Diode*). Penghematan yang didapat sangat signifikan serta cahaya yang dihasilkan lebih nyaman diterima mata.

Pencahayaan yang dihasilkan dari penggunaan lampu LED ditentukan dengan terpenuhi atau tidaknya nilai minimal dari tegangan bias dan arus yang dibutuhkan oleh led tersebut.

Sumber cahaya menggunakan lampu led 1 watt, dimana spesifikasi yang dimiliki lampu led 1 Watt adalah arus maju maksimalnya 350 mA dan tegangan majunya 3 – 3,8 Volt. Sumber tegangan yang digunakan 3,7 Volt. Agar lampu led tidak mudah rusak diperlukan resistor yang terpasang seri dengannya. Besarnya nilai resistor tersebut diperoleh dengan perhitungan menggunakan hukum ohm.

Berdasarkan hukum ohm:

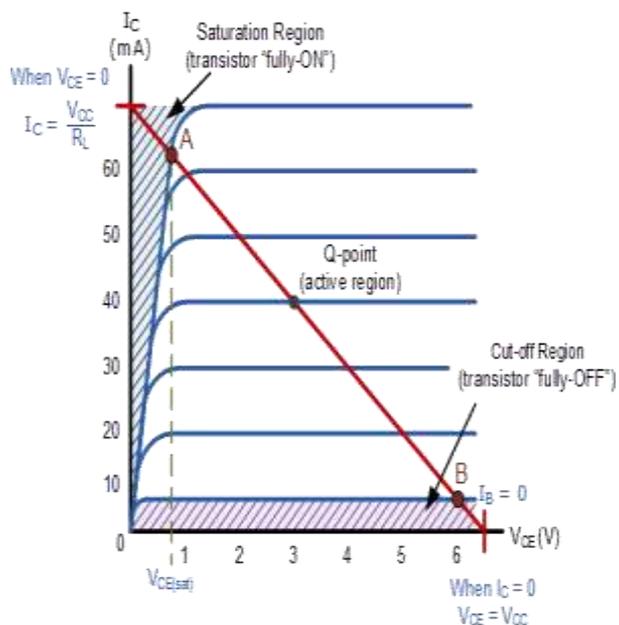
Untuk LED 1 Watt:

$$R_{LED} = \frac{V_{SUMBER} - V_{LED}}{I_{LED}}$$

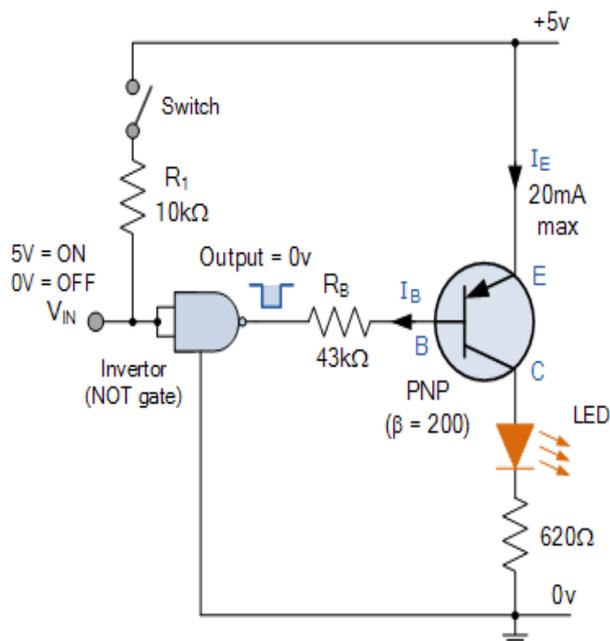
$$R_{LED} = \frac{5VOLT - 3VOLT}{350mA}$$

$$R_{LED} = 5.71 \text{ Ohm}$$

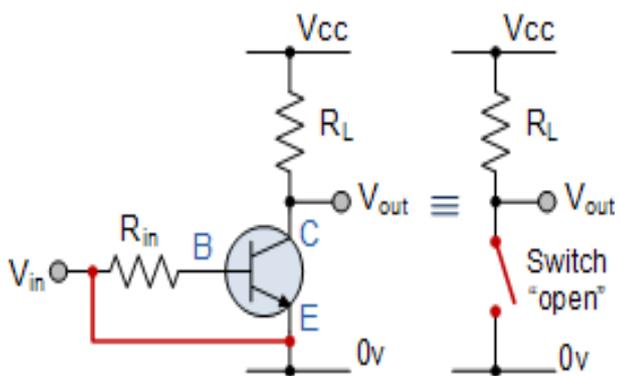
Disipasi daya dari resistor tersebut:



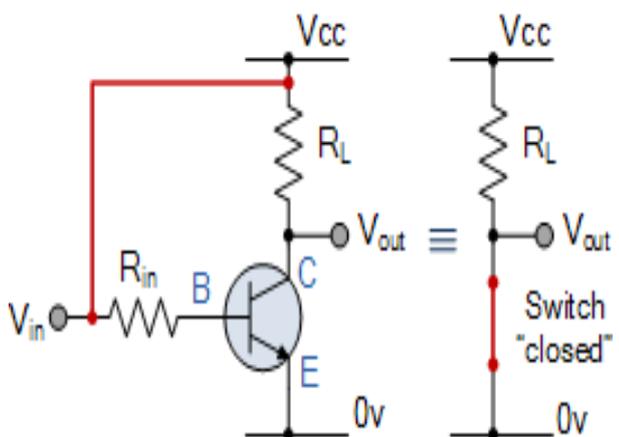
Gambar 1. Kurva daerah kerja transistor sebagai saklar



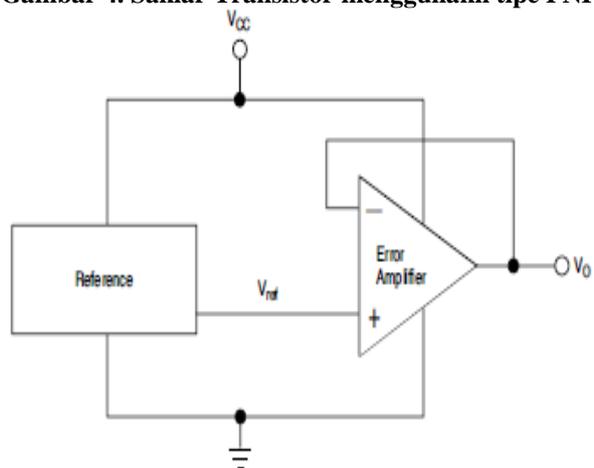
Gambar 4. Saklar Transistor menggunakan tipe PNP



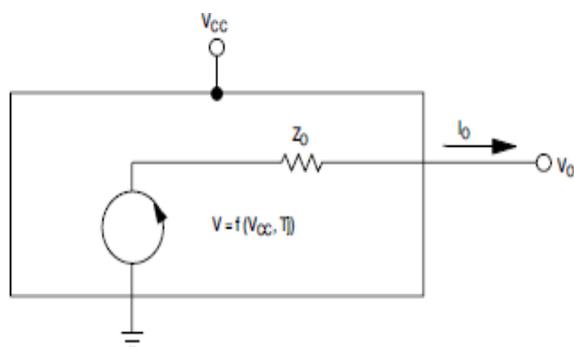
Gambar 2. Transistor kondisi Cut Off



Gambar 3. Transistor kondisi Saturasi



Gambar 5. Blok Diagram Regulator Tegangan



Gambar 6. Rangkaian ekivalen regulator tegangan

$$W_{RESISTOR} = I^2 \times R$$

$$W_{RESISTOR} = (0,35)^2 \times 5.71$$

$$W_{RESISTOR} = 0.699475 \text{ Watt} \approx 1 \text{ Watt}$$

Besarnya resistor yang dapat digunakan untuk menjaga nilai tegangan bias maju dan arus bias maju dari led 1 Watt sebesar 5,71 Ohm dengan disipasi dayanya 0,699475 Watt. Pada kajian ini, arus yang digunakan sebesar 40 mA dan tegangan 3 Volt. Led mengkonsumsi arus sejumlah 360 mA atau 0,36A pada penggunaan selama 12 jam.

Pada gambar 15. ditampilkan hasil pengukuran penggunaan arus HPL 1 watt dan led SMD yang digunakan. Meningkatnya jumlah penggunaan led linier dengan peningkatan arus yang digunakan.

Pengisian Baterai

Penggunaan baterai sekunder dimaksudkan untuk memudahkan pemenuhan kebutuhan akan energi listrik setiap saat, terlebih dilokasi tertentu yang belum tersedia sumber energi listrik lainnya. Untuk menjaga selalu tersedianya energi di dalam baterai dibutuhkan proses pengisian energi listrik tersebut. Karenanya diperlukan perangkat pengecasan tersebut. Tegangan *charger/* pengisian sebesar 4,2 Volt. Proses *charger,* tegangan input berasal dari tegangan yang dihasilkan *solar cell* yang selanjutnya dialirkan ke baterai. Beberapa pihak telah melakukan kajian mengenai baterai jenis ini yang diantaranya menyatakan bahwa semakin besar tegangan pengisian yang di berikan ke baterai lithium berpengaruh terhadap usia pakai dari baterai tersebut, seperti yang ditampilkan pada table 2.^[12]

Regulator Tegangan

Regulator tegangan atau pengaturan tegangan dapat dilakukan dengan berbagai cara, tergantung peruntukannya tegangan tersebut. Pengaturan tegangan yang dapat diatur dapat digunakan untuk membantu memudahkan mendapatkan tegangan keluaran, jika tegangan masukan memiliki potensi perubahan yang cukup besar.

Tabel 2. Pengaruh tegangan pengisian baterai Lithium Ion

<i>Charge level</i> (V/cell)	Umur pengisian	<i>Capacity at full charge</i>	Keterangan
4.30	150 – 250x	110%	Semakin tinggi voltase charge baterai lithium, umur baterai akan semakin pendek .
4.20	300 – 500x	100%	
4.10	600 – 1,000x	90%	
4.00	1,200 – 2,000x	70%	
3.92	2,400 – 4,000x	50%	

Salah satu pengaturan tegangan tersebut menggunakan IC regulator LM317 seperti yang ditampilkan pada gambar berikut.

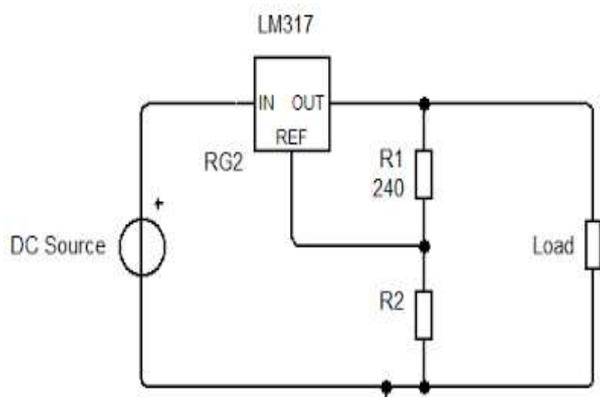
Tegangan di resistor umpan balik R1 adalah 1.25V tegangan referensi konstan, V_{ref} merupakan tegangan antara J₂ dan R₂ . Karena tegangan referensi R₁ adalah konstan, arus konstan mengalir melalui R₂. Dengan menggunakan persamaan (3) dan diasumsikan arus Adj sangat kecil maka persamaan (3) dapat dinyatakan sebagai berikut.

$$V_{out} = 1.25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

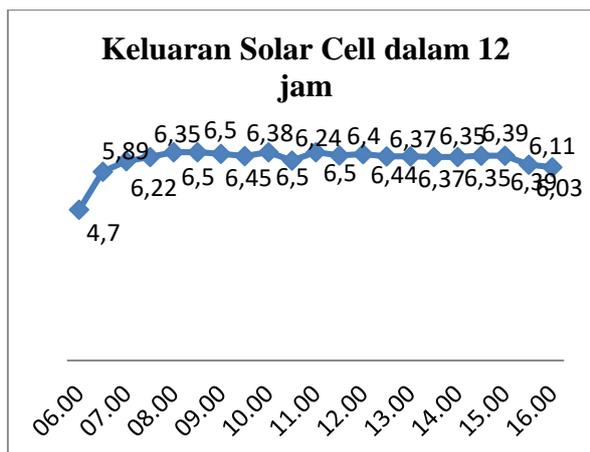
Tegangan masukan (V_{in}) minimal harus 2,5 volt lebih besar dari tegangan output yang diperlukan untuk daya regulator.^[13]

Potensio dipergunakan untuk mendapatkan nilai resistor adj sedemikian rupa sehingga menghasilkan tegangan yang direkomendasikan untuk melakukan pengisian muatan baterai tipe 18650 dengan nominal tegangan 3,7 Volt.

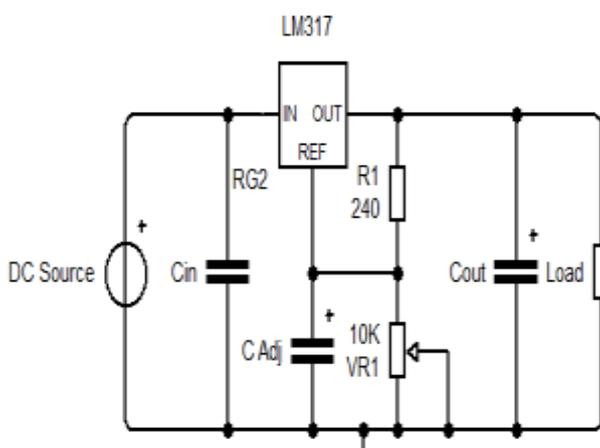
Arus ini selanjutnya disimpan kedalam baterai yang nantinya dapat digunakan sebagai sumber energi untuk penggunaan selanjutnya. Waktu pengisian ditentukan oleh besarnya arus yang dihasilkan oleh rangkaian charger ini. Rerata arus yang dihasilkan 48,59 mA. Penggunaan 504 mAH pada led dan arus



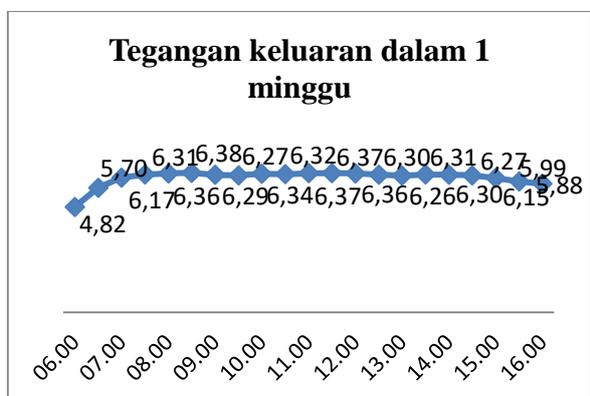
Gambar 7. Rangkaian Regulator LM317



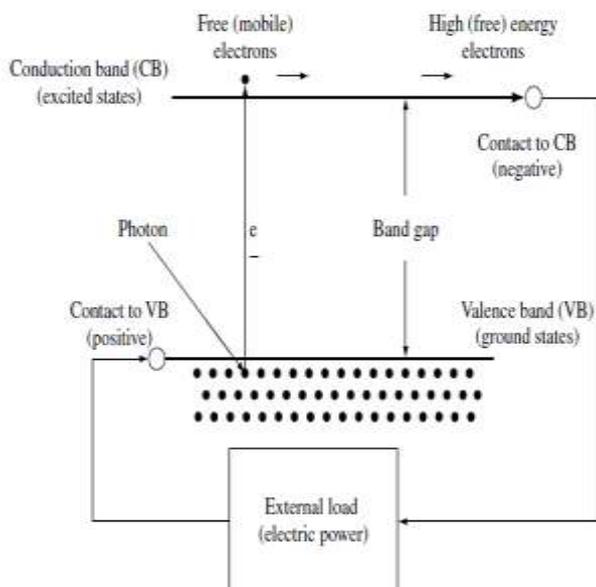
Gambar 10. Tegangan keluaran solar cell dalam 12 Jam



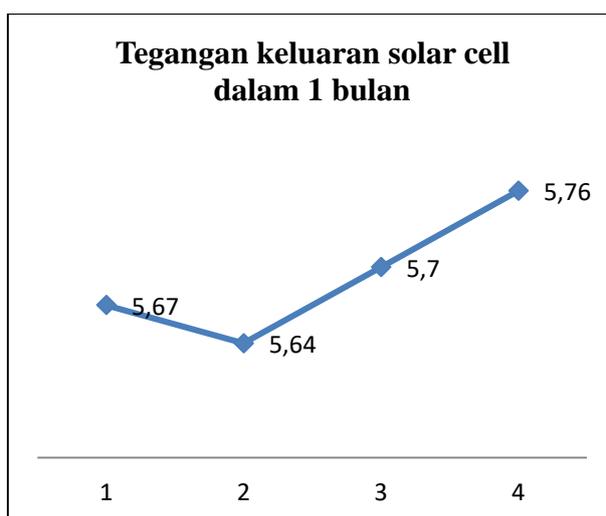
Gambar 8. Rangkaian Regulator Variabel



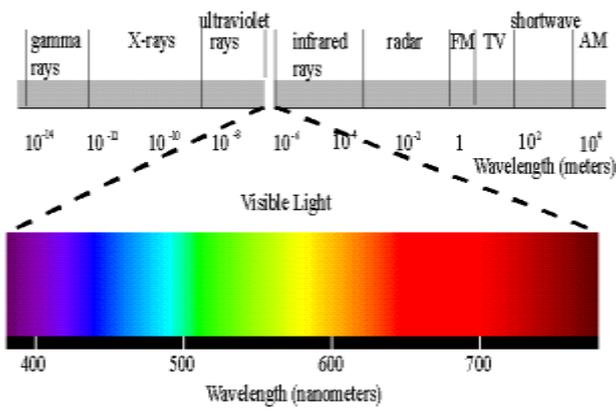
Gambar 11. Tegangan keluaran solar cell dalam 1 minggu



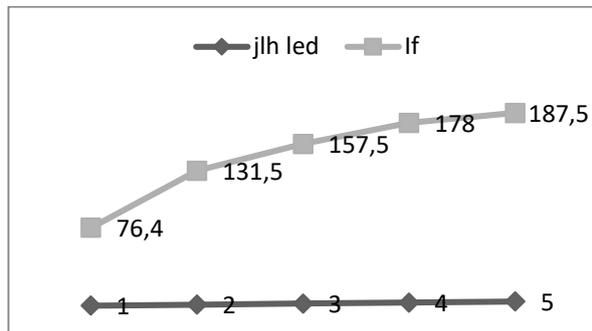
Gambar 9. Skema solar cell



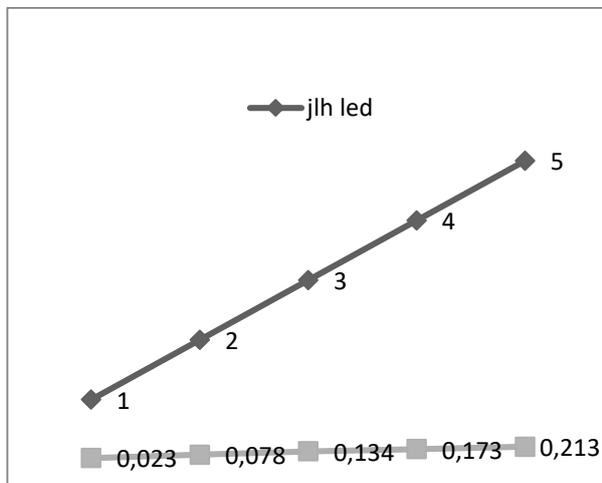
Gambar 12. Rerata tegangan keluaran solar cell dalam 1 bulan



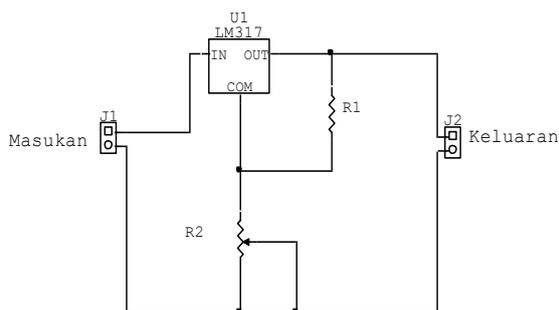
Gambar 13. Panjang gelombang cahaya tampak
 Sumber : www.energyefficiencyasia.org



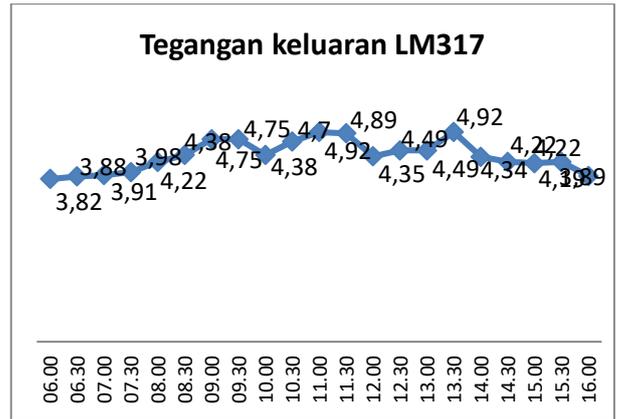
Gambar 14. Grafik konsumsi arus Led HPL 1 watt



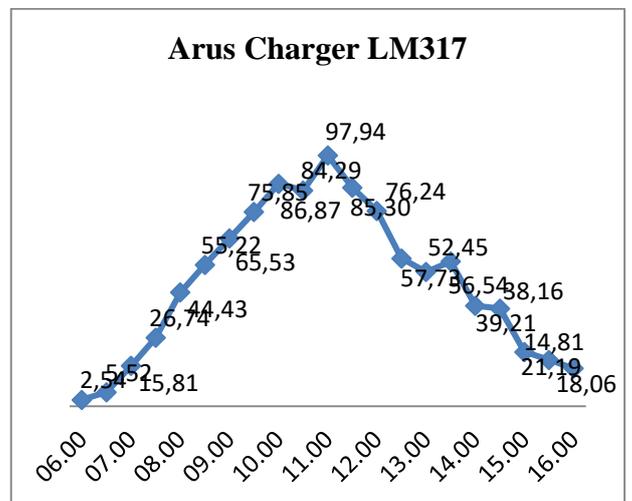
Gambar 15. Grafik Konsumsi Arus Led SMD



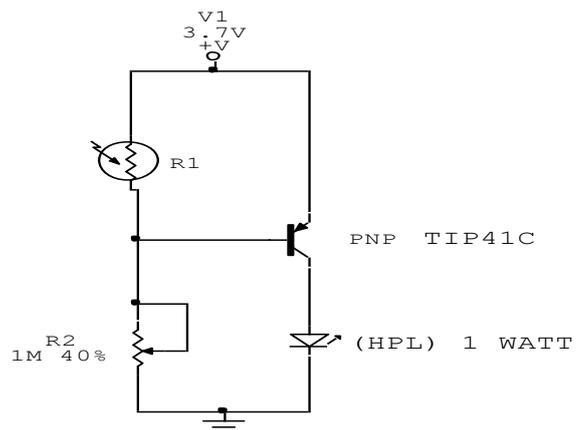
Gambar 16. Regulator tegangan LM317



Gambar 17. Tegangan keluaran TP4056 per hari



Gambar 18. Rerata arus charger LM317



Gambar 19. Rangkaian sensor LDR

Saklar transistor dan Sensor LDR

Dengan mengendalikan besarnya arus basis, transistor dapat dijadikan selayaknya suatu saklar. Pengaturan atau perubahan dari nilai arus basis terjadi sebagai hasil penggunaan

charger yang dihasilkan 48,59 mA, untuk mengembalikan kapasitas baterai menjadi penuh kembali diperlukan waktu ± 10 jam.

Tabel 3. Hasil pengukuran Sensor LDR

No	V_{in} (V)	I_{led} (mA)	V_{led} (V)	R_{pot} (Ω)	Keterangan
1	3,7	134,7	2,9	2,58K	Led tidak Off siang hari
2	3,7	80,1	2,8	7K	LDR bekerja jarak dekat
3	3,7	60,3	2,7	9,75K	LDR bekerja jarak dekat
4	3,7	50,4	2,7	12,34K	LDR bekerja jarak dekat

Pembagi tegangan, antara potensiometer 1M dengan penggunaan LDR (*Light Dependent Resistor*). Kondisi LED di kendalikan oleh status dari transistor sebagai akibat dari perubahan nilai resistansi LDR karena paparan cahaya yang mengenainya.

Tabel 3. menyajikan hasil pengukuran dari rangkaian tersebut akibat paparan sinar yang diterima oleh LDR. Dari tabel 3, besarnya nilai potensiometer mempengaruhi bekerja tidaknya rangkaian sensor LDR tersebut. Pernyataan pada kolom keterangan menyatakan ‘LDR bekerja jarak dekat’ mengandung makna bahwasanya HPL akan menyala jika LDR berada dalam lingkungan/kondisi gelap tidak terpapar oleh sinar apapun. Sedangkan makna dari keterangan ‘Led tidak off siang hari’ menyatakan tidak bekerjanya LDR selaku sensor, baik kondisi gelap maupun kondisi terpapar sinar. Dengan kata lain transistor bekerja laksana saklar biasa tanpa menggunakan sensor LDR.

PEMBAHASAN

Keluaran solar sel mini type JL110x60 berada pada tegangan antara 5,49 Volt hingga 6,21 Volt dipengaruhi oleh paparan sinar matahari yang diterimanya. Tegangan yang dihasilkan tersebut selanjutnya digunakan

untuk men-charge baterai Lithium-Ion 18650 dengan tegangan nominal 3,7 Volt.

Ambang tegangan pengisian penuh untuk baterai bahan Lithium-ion sebesar 4,2 Volt/sel[12].

Penurunan tegangan 5,49 – 6,21 Volt yang dihasilkan solar mini tersebut dilaksanakan oleh rangkaian regulator LM317. Keluaran yang dihasilkan regulator tersebut rata-rata sebesar 4,14 Volt. Dimana tegangan tersebut selanjutnya digunakan untuk mencharge baterai lithium-ion 18650.

Penggunaan led SMD membutuhkan tegangan 3 Volt dengan arus sebesar 0,023 mA. Peningkatan arus linier dengan bertambahnya led yang dipergunakan. Pada penggunaan led SMD sebanyak 5 buah, arus yang dikonsumsi sebesar 0,213 mA. Penggunaan led HPL dimana tegangan kerja sama dengan tegangan kerja menggunakan led SMD yaitu sebesar 3 Volt, arus yang dipakai sebanyak 76,4 mA. Peningkatan penggunaan arus linier dengan bertambahnya jumlah led yang digunakan. Pada pemakaian led HPL sebanyak 5 buah, arus yang digunakan sebanyak 187,5 mA.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari kajian yang telah dilakukan diperoleh beberapa simpulan.

Pertama. Pemenuhan sifat mandiri dari lampu yang dirancang, digunakan sensor LDR untuk on-off nya, baterai Li-ion 18560 2200mAh sebagai penyedia sumber energi listrik dan LM 317 untuk memenuhi serta menjaga ketersediaan energi listrik pada baterai yang digunakan.

Kedua. Rerata tegangan dari *solar cell* mini 6 Volt 1 Watt JL110X60 sebesar 6,01 Volt, menggunakan LM317 dan dijadikan buck regulator, tegangan keluaran *solar cell* mini tersebut diturunkan menjadi 4,1 dan digunakan

untuk mencharger baterai Li-ion 18560 2200mA

Ketiga. Rangkaian LDR untuk pengendalian *on-off* lampu, dapat diatur hingga arus led 50,4 mA, kondisi ini membuat LDR sangat sensitif terhadap cahaya yang memaparinya.

Keempat. Led SMD yang digunakan sebagai sumber penerangan menggunakan arus sebesar 2,556 mA dan dinyalakan selama 12 jam sehari.

Kelima. HPL digunakan sebagai sumber penerangan menggunakan arus sebesar 50,1 mA dan dinyalakan selama 12 jam sehari.

Keenam. Arus pengisian menggunakan solar cell mini 6 Volt 1 Watt dan regulator LM317 rata-rata 48,59 mA. Dengan paparan sinar matahari yang optimal, diperlukan waktu \pm 12 jam untuk membuat baterai terisi penuh kembali.

Saran

Penggunaan *solar cell* mini dengan arus keluaran yang lebih besar dari 100 mA lebih memungkinkan untuk menjaga stabilitas level kapasitas baterai untuk waktu selanjutnya.

Penggunaan HPL lebih baik jika sumber energi listrik lebih dari 6 Volt dan kapasitas penyimpanan lebih dari 3 Ampere .

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Connections, "The LED Guide."
- [2] I. Rahardjo and I. Fitriana, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Indonesia," *Strateg. Penyediaan List. Nas. Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaat. PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, dan Energi Terbarukan, P3TKKE, BPPT, Januari*, pp. 43–52, 2005.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 7391:2008 - Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan," *SNI Nomor 73912008*, pp. 1–41, 2008.
- [4] Elsevier, *Practical Electronics handbook*, Sixth. ELSIVIER, 2007.
- [5] J. M. Hughes, *Practical electronics. Components and Techniques*. 2015.
- [6] O. N. Semiconductor, *Linear & Switching Voltage Regulator Handbook Linear & Switching Voltage Regulator Handbook*. 2002.
- [7] N. Semiconductor, *1980-Voltreg.Pdf* .
- [8] Operating Technical Electronics, "A Guide To Battery Charging," pp. 1–5, 2010.
- [9] H. Kato, Y. Yamamoto, M. Nagamine, And, and Y. Nishi, "Lithium ion rechargeable batteries," *Conf. Rec. WESCON/'93*, no. 852, pp. 210–214, 1993.
- [10] C. Simpson, "Battery Charging White Paper," *Texas Instruments*, p. 1800, 2011.
- [11] S. Edition, *Photovoltaic Science Handbook of Photovoltaic Science*. 2011.
- [12] D. Linden and T. B. Reddy, *HANDBOOK OF BATTERIES*, Third. McGraw-Hill.
- [13] Datasheet, "LM117, LM317-N Wide Temperature Three-Pin Adjustable Regulator," no. 1, 2015.