



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Energi Surya

Matahari merupakan salah satu dari beberapa energi yang jumlahnya tidak terbatas, bahkan peran matahari adalah sebagai energi yang dapat diperbarui yang artinya kesediananya di muka bumi ini sangat cukup melimpah, khususnya di wilayah Indonesia. Dalam pemanfaatannya sebagai energi listrik, energi matahari dikonversikan menjadi energi listrik dengan memanfaatkan panel surya (solar photovoltaic).

Sekarang ini pengembangan energi listrik tenaga surya atau panel surya, yang seharusnya merupakan sumber energi yang dapat diperbaruhui dan juga bebas polusi ,realitanya sangat kurang bisa diandalkan oleh masyarakat. Untuk itu perlu adanya pengembangan teknologi yang menunjang kinerja panel surya. Dari penelitian sebelumnya yakni penggunaan reflector aluminium dan cermin datar (Qotrun Nadandi dkk., 2014), telah memberikan inovasi baru, sehingga mendapatkan hasil yang lebih baik jika kita bandingkan dengan panel surya tanpa reflektor, terlihat dari nilai efisiensi yang di hasilkan. Namun penggunaan reflektor cermin datar pada penelitian tersebut mempunyai beberapa kekurangan yaitu penggunaan panel surya harus menyesuaikan waktu terbit dan terbenamnya matahari sehingga kurang optimalnya nilai efisiensi dalam pemanfaatan energi matahari saat kondisi berawan dan kurang di jelaskan lebih mendalam mengenai kelayakan energi listrik pada penelitian sebelumnya. Untuk itu pada penelitian kali ini,

Energi surya merupakan energi yang potensial dikembangkan di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara yang terletak di daerah khatulistiwa. Energi surya yang dapat dibangkitkan untuk seluruh daratan Indonesia yang mempunyai luas 2 juta km<sup>2</sup> adalah 4,8 kWh/m<sup>2</sup> /hari atau setara dengan 112.000 GWp yang didistribusikan (Mohammad Hafidz ;, 2015). Oleh karena itu energi surya memiliki keunggulan - keunggulan dibandingkan dengan energi fosil, diantaranya:

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Sumber energi yang mudah didapatkan.
2. Ramah lingkungan. Sesuai untuk berbagai macam kondisi geografis.
3. Instalasi, pengoperasian dan perawatan mudah.
4. Listrik dari energi surya dapat disimpan dalam baterai.

## 2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Sistem fotovoltaik atau pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) mengubah energi elektromagnetik dari sinar matahari menjadi energi listrik. Pembangkit listrik berbasis energi terbarukan ini merupakan salah satu solusi yang direkomendasikan untuk listrik di daerah pedesaan terpencil di mana sinar matahari melimpah dan bahan bakar sulit didapat dan relatif mahal. Alasan utama menggunakan teknologi fotovoltaik ini adalah sebagai berikut:

- Sumber energi yang melimpah dan tanpa biaya
- Sumber energi tersedia di tempat dan tidak perlu diangkut
- Biaya pengoperasian dan pemeliharaan sistem PLTS yang relatif kecil
- Tidak perlu pemeliharaan yang sering dan dapat dilakukan oleh operator setempat yang terlatih
- Ramah lingkungan, tidak ada emisi gas dan limbah cair atau padat yang berbahaya

Sistem PLTS terdiri dari modul fotovoltaik, solar charge controller atau inverter jaringan, baterai, inverter baterai, dan beberapa komponen pendukung lainnya. Ada beberapa jenis sistem PLTS, baik untuk sistem yang tersambung ke jaringan listrik PLN (on-grid) maupun sistem PLTS yang berdiri sendiri atau tidak terhubung ke jaringan listrik PLN (off-grid). Meskipun sistem PLTS tersebar (SHS, solar home system) lebih umum digunakan karena relatif murah dan desainnya yang sederhana, saat ini PLTS terpusat dan PLTS hibrida (PLTS yang dikombinasikan dengan sumber energi lain seperti angin atau diesel) juga banyak diterapkan, yang bertujuan untuk mendapatkan daya dan penggunaan energi yang lebih tinggi serta mencapai keberlanjutan sistem yang lebih baik melalui kepemilikan secara kolektif (komunal).



PLTS tersebar dapat menjadi pilihan ketika persebaran rumah penduduk yang berjauhan satu sama lain.

Dibandingkan teknologi energi terbarukan lainnya, seperti pembangkit listrik tenaga air (hidro), sistem PLTS relatif baru di Indonesia. Pemerintah pertama kali mengimplementasikan sistem PLTS tersebar untuk listrik pedesaan pada tahun 1987. Seiring berjalannya waktu, penerapan sistem PLTS di Indonesia telah berkembang dari sistem tersebar ke sistem komunal atau terpusat. Terlepas dari kenyataan bahwa Indonesia telah menjajaki teknologi PLTS sejak tahun 1970-an, keahlian tentang sistem fotovoltaik masih dalam tahap awal. Hal ini disebabkan oleh kurangnya ketersediaan tenaga ahli, teknisi terampil, dan perusahaan rekayasa yang kompeten untuk merancang, membangun, dan memelihara sistem. Sementara itu, rantai pasokan suku cadang sistem PLTS yang lebih baik sangat diperlukan untuk menjamin keberlanjutan sistem ini di Indonesia terutama di daerah pedesaan. Sangat disadari, butuh waktu yang cukup lama untuk membangun penyedia layanan teknis dan suku cadang di daerah pedesaan. Meskipun demikian, dengan tetap konsisten menjaga kualitas sistem, kemungkinan rusaknya sistem akan berkurang dan umur pakai sistem akan lebih panjang.

a) PLTS Off-Grid / *Standalone*

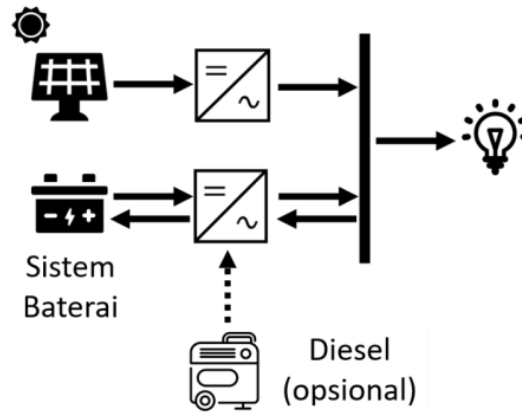
Pada sistem Off Grid / *Standalone*, PLTS adalah satu-satunya sumber energi listrik. Sistem ini sering diimplementasikan di daerah yang belum terjangkau PLN dan tidak bergantung pada pembangkit listrik lain (tidak terhubung dengan jaringan utilitas). Untuk membentuk jaringan listrik yang berdiri sendiri dan mengimbangi intermittency sistem ini, umumnya digunakan sistem penyimpanan energi dalam bentuk baterai. Pada topologi ini, terdapat dua skema suplai, yakni suplai sebagian hari atau suplai 24 jam. Kapasitas baterai yang dipilih harus mampu diaplikasikan secara kontinu untuk durasi yang sesuai dengan skema suplai yang direncanakan.

Topologi sistem PV *Standalone* ditunjukkan pada Gambar 2.1.

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Gambar 2.1. Skema PLTS Off Grid / Standalone

Sumber: (Gumintang et al., 2020)

Pada sistem ini, inverter baterai akan bertindak sebagai grid-former (voltage source) sebagai referensi tegangan. Energi yang dihasilkan oleh PV akan disimpan di dalam baterai ketika energi yang dibangkitkan PV lebih tinggi dari pada beban selama State of Charge (SoC) baterai belum mencapai SoC maksimum. SoC menunjukkan tingkat energi yang tersimpan di dalam baterai. SoC maksimum menunjukkan bahwa baterai sudah terisi penuh, dan SoC minimum menunjukkan bahwa baterai sudah tidak bisa lagi menyuplai energi.

Jika baterai sudah terisi penuh, baterai akan berada pada mode floating sehingga baterai bisa tetap menjadi grid-former dan daya keluaran PV harus dikurangi hingga mencapai nilai yang dibutuhkan beban (curtailing). Ketika daya PV lebih kecil dibandingkan permintaan beban (waktu sore, malam, atau kondisi berawan), baterai akan menyuplai daya ke beban selama SoC baterai masih lebih tinggi dibanding SoC minimum yang ditentukan. Sistem ini tidak memerlukan perangkat kendali eksternal dikarenakan sistem PV adalah satu-satunya sumber energi listrik sehingga sistem PV tidak perlu berinteraksi dengan komponen sistem lainnya (Gumintang et al., 2020).

#### b) PLTS On-Grid

PLTS on grid adalah pembangkit listrik tenaga surya yang berjalan tanpa baterai dan terhubung ke jaringan listrik umum (PLN) dengan menggunakan inverter tenaga surya. PLTS on-grid tidak menggunakan baterai sebagai penyimpanan daya, sebagai gantinya energi listrik yang berlebih diekspor ke jaringan listrik PLN. Hasil

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



ekspor listrik yang disimpan tersebut akan digunakan untuk mengurangi tagihan di bulan berikutnya.

Tidak hanya bisa ekspor listrik, PLTS on-grid juga bisa impor atau membeli listrik dari jaringan PLN seperti rumah-rumah pada umumnya. Karena alasan keamanan, sistem tenaga surya on-grid tidak akan bisa menghasilkan listrik saat listrik PLN padam. Walaupun pemadaman tersebut berlangsung selama pagi dan siang hari tetap saja sistem plts on-grid akan berhenti bekerja untuk sementara. Hal ini kaena pemadaman biasanya terjadi ketika jaringan listrik sedang rusak. Jika inverter tenaga surya masih mengalirkan listrik ke jaringan yang rusak, maka akan membahayakan keselamatan operator yang sedang memperbaiki kerusakan tersebut.

Digunakannya sistem PLN disebabkan PLTS on grid tidak punya baterai untuk menyimpan kelebihan energi saat siang, sehingga saat malam tiba sistem tidak memilik cadangan listrik untuk dialirkan. Oleh karena itu keberadaan jaringan PLN berfungsi sebagai pengganti baterai tenaga surya.

Skema PLTS On-Grid

Rangkaian PLTS on grid bisa menjadi pilihan yang lebih hemat jika ingin memiliki PLTS, sebab sistem ini tidak memerlukan baterai yang harganya masih cukup mahal sampai saat ini.

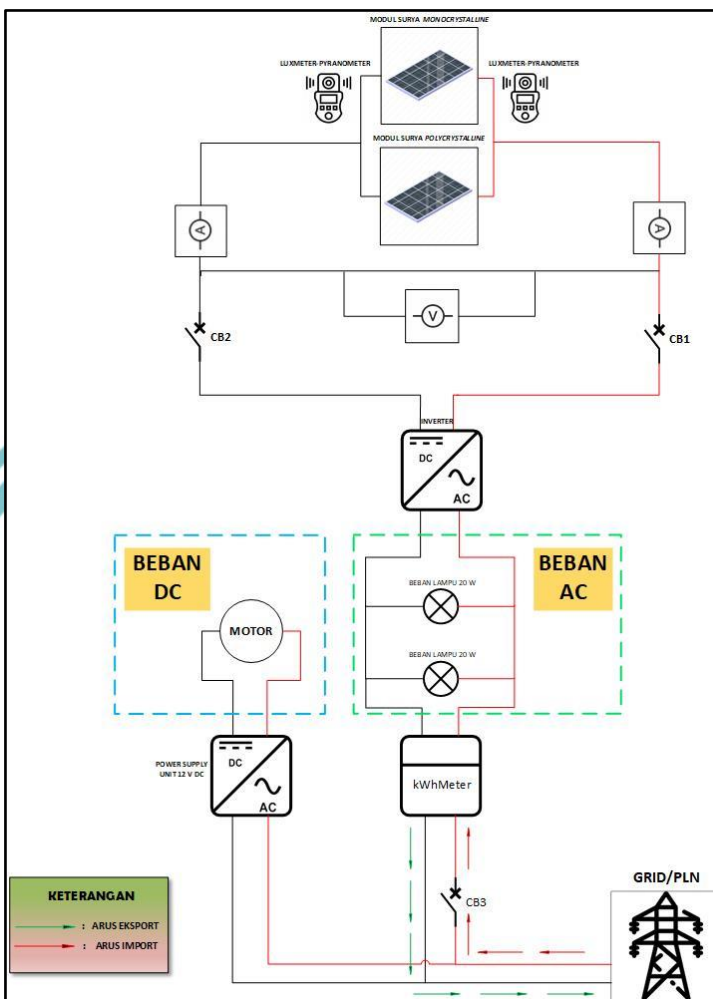
**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Gambar 2.2. PLTS On Grid

Gambar di atas adalah skema PLTS on grid yang terhubung dengan empat komponen, jaringan listrik umum, dan perangkat elektronik. Berikut ini keterangan lebih detail dari keenam bagian tersebut:

1. Panel surya
2. Inverter
3. Switchboard
4. Perangkat elektronik
5. Meteran
6. Jaringan listrik PLN

Komponen PLTS on grid dari skema di atas adalah panel surya, inverter,

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

switchboard, dan kWhmeter. Sedangkan perangkat elektronik disebut sebagai beban yang menerima aliran listrik dari PLTS dan PLN.

Cara Kerja PLTS On-Grid

#### 1. Panel Surya Menerima Sinar Matahari

Cara kerja PLTS on grid serupa dengan pembangkit listrik tenaga surya lain yang menggunakan panel surya untuk menyerap sinar matahari dan mengubahnya menjadi arus listrik searah atau Direct Current (DC).

#### 2. Inverter Mengonversi Listrik

Listrik DC yang dihasilkan panel surya sebenarnya bisa langsung digunakan, tapi perangkat elektronik dengan arus DC sangat terbatas seperti kipas angin DC dan lampu DC. Oleh karena itu diperlukan inverter untuk mengonversi arus DC ke AC agar bisa dipakai untuk menyalakan sebagian besar perangkat elektronik saat ini. Arus bolak balik atau Alternating Current (AC) inilah yang bisa umumnya mengalir di jaringan listrik rumah.

#### 3. Switchboard Menghubungkan Daya

Sebelum sampai ke peralatan elektronik (tv, kulkas, mesin cuci, dsb) listrik yang dihasilkan panel surya dialirkan ke komponen switchboard (panel listrik). Komponen ini bisa berjalan secara otomatis untuk menghubungkan dan mengalirkan daya dari dua arah.

Pertama, switchboard mengalirkan listrik dari inverter ke jaringan PLN jika terdapat sisa energi yang tidak terpakai untuk memenuhi kebutuhan perangkat elektronik (beban). Kedua, switchboard bisa mengalirkan listrik dari jaringan PLN ke jaringan PLTS jika energi yang dihasilkan panel surya tidak mencukupi untuk menyalakan perangkat elektronik.

#### 4. Mengalir ke Elektronik

Arus dari switchboard kemudian dialirkan ke beban untuk menyalakan berbagai perangkat elektronik yang terhubung dengan jaringan PLTS.

#### 5. Meteran Ekspor Impor Listrik

Meteran berfungsi untuk mengukur jumlah listrik yang diekspor dari jaringan PLTS ke jaringan PLN dan yang diimpor dari jaringan PLN ke PLTS. Oleh karena

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





PLTS on grid tidak punya baterai maka kelebihan pasokan listrik yang tidak terpakai akan disimpan ke jaringan PLN.

Jika PLTS tidak menghasilkan listrik maka PLN akan memasok energi ke jaringan PLTS. Misalnya ketika pagi sampai sore hari atau sinar matahari masih terang benderang, PLTS akan menjadi penyuplai utama kebutuhan listrik

Beda lagi cara kerja PLTS saat tidak menghasilkan listrik disebabkan mendung, hujan, atau hari sudah malam. Sistem PLTS on grid akan menyedot atau mengimpor listrik dari jaringan PLN untuk menyalakan beban yang terhubung jaringan PLTS.

Proses ekspor dan impor listrik harus melalui meteran agar dapat diketahui besarnya arus listrik yang dikonsumsi sistem PLTS dan yang dikirim ke jaringan PLN. Hasil pengukuran tersebut akan dipakai untuk mengurangi jumlah tagihan pada bulan berikutnya.

Terkait dengan sistem pengukuran daya, setiap negara punya cara berbeda-beda. Ada yang menjadikan meteran hanya dapat mengukur daya yang diekspor ke jaringan listrik utama, seperti beberapa wilayah di Australia.

Sedangkan di wilayah lain meteran digunakan untuk mengukur semua listrik yang dihasilkan oleh sistem tenaga surya, sehingga listrik akan melewati meteran dahulu sebelum mencapai switchboard dan bukan setelahnya. Beda lagi di Amerika, khususnya di negara bagian California yang menggunakan meteran untuk mengukur energi yang diekspor dan dihasilkan PLTS serupa dengan sistem di Indonesia.

Indonesia sendiri sudah mempunyai aturan ekspor dan impor listrik PLTS yang dikeluarkan oleh kementerian ESDNM pada tahun 2018. Singkatnya, penjualan listrik dari jaringan PLTS ke PLN akan dihargai 65% dari tarif listrik yang berlaku. Tentu saja tidak 100% karena PLN juga butuh keuntungan untuk biaya perbaikan, perawatan, dan lain sebagainya (ExmaSolo, 2022).

#### c) PLTS Hybrid

Tujuan utama dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan supply dan efisiensi ekonomis pada tipe load tertentu. Untuk setiap load



#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



yang berbeda, akan diperlukan sistem hybrid dengan komposisi tertentu, agar dapat dicapai sistem yang optimum. Oleh karenanya, sistem design dan sistem sizing, memegang peranan penting untuk mencapai target dibuatnya sistem hybrid. Sebagai contoh, load yang relatif konstan selama 24 jam dapat dicatu secara efisien dan ekonomis oleh genset (dengan kapasitas yang sesuai), akan tetapi load dimana penggunaan listrik pada siang hari berbeda jauh dibandingkan dengan malam hari, akan membuat penggunaan genset saja tidak optimum. Sistem Hybrid dapat melibatkan 2 atau lebih system pembangkit listrik, umumnya sistem pembangkit yang banyak digunakan untuk hybrid adalah genset, PLTS, mikrohydro, Tenaga Angin. Sehingga system hybrid bisa berarti PLTS- Genset, PLTS-Mikrohydro, PLTS-Tenaga Angin dst. Di indonesia system hybrid telah banyak digunakan, baik PLTS Genset, PLTS-Mikrohydro, maupun PLTS- Tenaga Angin-Mikrohydro. Namun demikian hybrid PLTS-Genset yang paling banyak dipakai. Umumnya digunakan pada captive genset / isolated grid (stand alone genset, yakni genset yang tidak di interkoneksi).

### 2.3 Panel Surya

Panel surya terdiri dari susunan sel surya yang dihubungkan secara seri. Sel surya berfungsi mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya umumnya dibuat dari silikon yang merupakan bahan semikonduktor. Daya yang dihasilkan sebuah panel surya bergantung pada radiasi matahari yang diterima, luas permukaan panel dan suhu panel. Daya yang dihasilkan semakin besar jika radiasi dan luas permukaan lebih besar, sedang kenaikan suhu mengakibatkan penurunan daya. Parameter panel surya yang paling berpengaruh pada kurva daya, yaitu arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ) dan tegangan hubung terbuka ( $V_{oc}$ ) untuk parameter internal, sedangkan parameter eksternalnya meliputi suhu dan iradiansi. Daya maksimum dan efisiensi turut dimasukkan dalam pembahasan karena merupakan parameter yang umum digunakan untuk membandingkan panel surya modul (Utomo et al., 2017).

Panel Surya merupakan sebuah peralatan pembangkit listrik dengan mengubah energi cahaya matahari ke energi listrik. Kelebihan PLTS dibandingkan dengan

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



pembangkit listrik yang lain adalah PLTS merupakan pembangkit listrik yang ramah lingkungan, sumber energi PLTS tak terbatas yaitu dari cahaya matahari (Huwaida, 2020).

Secara sederhana, proses pembentukan gaya gerak listrik pada sebuah panel surya adalah sebagai berikut:

1. Cahaya matahari menumbuk panel surya kemudian diserap oleh material semikonduktor seperti silikon.
2. Elektron (muatan negatif) terlempar keluar dari atomnya, sehingga mengalir melalui material semikonduktor untuk menghasilkan listrik. Mengalir dengan arah yang berlawanan dengan elektron pada panel surya silikon.
3. Gabungan / susunan beberapa panel surya mengubah energi surya menjadi sumber daya listrik dc, yang nantinya akan disimpan dalam suatu wadah yang dinamakan baterai.

Terdapat 2 jenis panel surya yang ada di pasaran, yaitu Monocrystalline dan Polycrystalline.

- a. Monocrystalline solar panels: menggunakan silikon murni yang dihasilkan dengan proses crystal-growth yang cukup rumit dengan ketebalan sekitar 0.2 – 0.4 mm. Efisiensinya cukup tinggi berkisar 13 – 19 %.
- b. Polycrystalline solar panels: kadang-kadang disebut dengan multi-crystalline, panel surya dibuat dari Polycrystalline cells yang lebih murah dan efisiensinya masih dibawah mono-crystalline, berkisar 11 – 15 %.

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta







Gambar 2.3. Panel Surya

Sumber: [Solar panel - Wikipedia](#)

#### 2.4 Inverter

Inverter adalah perangkat elektronika yang dipergunakan untuk mengubah dari listrik searah (*direct current*) menjadi listrik bolak-balik (*alternating current*). Sumber tegangan input Inverter dapat menggunakan tenaga surya, baterai, atau sumber DC yang lain. Sedangkan output dari Inverter berupa tegangan 220 V dan frekuensi 50 Hz untuk standar Indonesia. Berdasarkan gelombang keluaran (output) yang dihasilkan dapat dibagi menjadi 3 (tiga macam) yaitu Square Sine Wave, Modified Sine Wave, dan Pure Sine Wave (Purwoto et al., 2018).

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2.4. Inverter Baterai

Sumber: <https://godrules.net/>

## 2.5 Reflektor

Reflektor adalah sebuah alat yang memantulkan cahaya, suara atau radiasi elektro magnetis. Sebuah reflektor yang memantulkan cahaya terdiri dari beberapa benda mirip cermin yang ditata menurut beberapa sudut tertentu. Adapun benda-benda yang mempunyai sifat cahaya tersebut adalah cermin. Berdasarkan dari bentuk permukaannya, cermin dibedakan menjadi cermin lengkung serta cermin datar. Cermin lengkung dibedakan menjadi 2 macam, yaitu cermin cembung serta cermin cekung.

Besar kecilnya tegangan yang dihasilkan oleh modul solar cell bergantung pada banyak sedikitnya cahaya yang dihasilkan oleh sinar matahari. Akibat pergerakan matahari membuat cahaya yang dihasilkan berubah-ubah, untuk meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya matahari maka diperlukan modifikasi modul solar cell agar cahaya yang masuk kedalam semikonduktor bisa merata, untuk itu diperlukan reflektor yang berupa cermin datar agar solar cell mampu menangkap cahaya secara efektif sehingga tegangan yang dihasilkan bisa maksimal, dengan menyesuaikan pergerakan matahari maka posisi reflektor harus disesuaikan dengan sudut-sudut tertentu untuk memperoleh hasil yang maksimal. Pada pengujian dengan sumber matahari, peningkatan daya mencapai 5,167% untuk penggunaan reflektor datar





### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

(Setiawan et al., 2015).

## 2.6 Hukum Pemantulan Cahaya

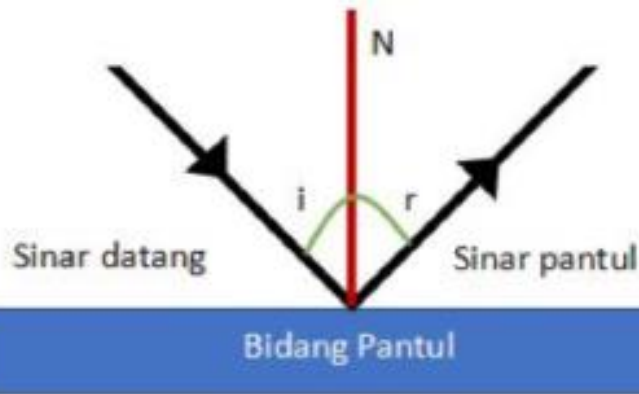
Pemantulan cahaya merupakan salah satu fenomena yang dipelajari dalam fisika. Dalam hal ini, diabaikan peristiwa difraksi yang terjadi di sekitar sudut oleh karena gelombang cahaya memiliki panjang yang sangat kecil bila dibandingkan dengan lubang maupun penghalang. Pada fenomena tersebut juga digunakan pendekatan gelombang cahaya sebagai pendekatan sinar dengan asumsi bahwa gelombang cahaya merambat dengan menempuh garis lurus (Douglas C. Giancoli, 2001). Peristiwa pemantulan cahaya maupun gelombang lainnya terjadi pada saat gelombang tersebut mengenai permukaan sebuah penghalang datar. Salah satu contoh penghalang yang digunakan adalah cermin (Tipler, 2001). Terdapat beberapa jenis cermin yakni cermin datar, cermin cembung, dan cermin cekung.

### 2.6.1 Pemantulan Cahaya pada Cermin Datar

Pada saat cahaya mengenai sebuah permukaan, maka dapat terjadi beberapa peristiwa seperti pemantulan, pembiasan, dan lain-lain. Dengan demikian, tidak seluruh cahaya yang mengenai permukaan benda dipantulkan. Sebagian dari cahaya tersebut diserap oleh benda dan diubah menjadi bentuk lainnya, misalnya menjadi energi panas. Sebagian lagi dari cahaya tersebut dibiaskan apabila cahaya tersebut mengenai permukaan yang transparan misalnya air, kaca, dan lain-lain. Persentase cahaya yang dipantulkan apabila mengenai permukaan yang sangat mengkilat adalah 95% (Douglas C. Giancoli, 2001).

Terdapat dua jenis pemantulan yang disebabkan oleh perbedaan jenis permukaan pantul, yakni:

1. Pemantulan spekuler, yakni pemantulan cahaya yang terjadi ketika cahaya mengenai permukaan yang licin. Contohnya adalah peristiwa pemantulan pada cermin. Dengan demikian, pemantulan pada cermin datar terkategori sebagai pemantulan spekuler.
2. Pemantulan difusi, yakni pemantulan cahaya yang terjadi ketika cahaya mengenai permukaan yang kasar. Contohnya adalah pemantulan cahaya pada permukaan halaman buku. Pemantulan tersebut tidak menghasilkan bayangan. Hal ini karena



Gambar 2.5. Skema Pemantulan Cahaya Pada Bidang Datar

Gambar 2.5 menunjukkan pemantulan yang terjadi pada saat sebuah berkas sinar mengenai permukaan yang rata. Pada saat seberkas sinar datang dengan sudut datang  $\theta_i$  mengenai permukaan yang rata, berkas sinar tersebut dipantulkan dengan sudut pantul  $\theta_r$ . Besar sudut pantul tersebut sama dengan sudut datang. Hal ini dikenal sebagai hukum pemantulan. Sudut datang yang dimaksudkan di sini adalah sudut yang dibentuk antara sinar datang dengan sebuah garis khayal yang tegak lurus dengan permukaan benda (garis normal). Sedang sudut pantul adalah sudut yang dibentuk antara sinar pantul dengan garis normal (Douglas C. Giancoli, 2001). Hukum pemantulan tersebut pun berlaku pada cermin datar.

### 2.6.2 Rumus Pemantulan Cahaya

Untuk menghitung besar sudut datang atau sudut pantul dari pemantulan cahaya bisa dilakukan dengan menggunakan rumus di bawah ini (Mila, 2023):

$$\theta_i = \theta_r \quad (2.1)$$

$$I_i \sin \theta_i = I_r \sin \theta_r \quad (2.2)$$

Keterangan:

$I_i$  = Sinar datang

$I_r$  = Sinar pantul

$\theta_i$  = sudut datang (Derajat)

$\theta_r$  = sudut pantul (Derajat)

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritis atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

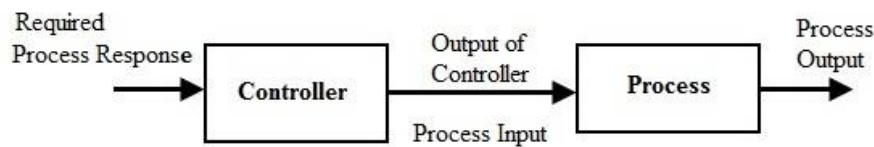
## 2.7 Sistem Kontrol

Sistem kontrol diklasifikasikan menjadi dua jenis seperti loop terbuka dan loop tertutup. Perbedaan utama antara sistem kontrol loop terbuka dan loop tertutup adalah, output yang diperlukan dalam loop terbuka tidak bergantung pada tindakan yang dikontrol sedangkan, dalam loop tertutup, output yang diperlukan terutama tergantung pada tindakan yang dikontrol. Dalam sistem ini, pengontrol sistem adalah pengatur waktu (*Difference between Open Loop & Closed Loop Control System, 2023*).

### 2.7.1 Sistem Kontrol Loop Terbuka

Dalam sistem kontrol semacam ini, output tidak mengubah tindakan sistem kontrol sebaliknya; kerja sistem yang bergantung pada waktu disebut juga sistem kendali lup terbuka. Itu tidak memiliki umpan balik. Ini sangat sederhana, membutuhkan perawatan yang rendah, pengoperasian yang cepat, dan hemat biaya. Keakuratan sistem ini rendah dan kurang dapat diandalkan. Contoh tipe loop terbuka ditunjukkan di bawah ini. Keuntungan utama dari sistem kontrol loop terbuka adalah mudah, membutuhkan sedikit perlindungan; Pengoperasian sistem ini cepat & murah dan kekurangannya adalah handal dan kurang akurat.

Pengering pakaian adalah salah satu contoh dari sistem kontrol putaran terbuka. Dalam hal ini, tindakan pengendalian dapat dilakukan secara fisik melalui operator. Berdasarkan tingkat kebasahan pakaian, operator akan mengatur timer menjadi 30 menit. Jadi setelah itu timer akan berhenti bahkan setelah pakaian mesin basah. Pengering di dalam mesin akan berhenti berfungsi meskipun hasil yang diinginkan tidak tercapai. Ini menampilkan bahwa sistem kontrol tidak memberi umpan balik.



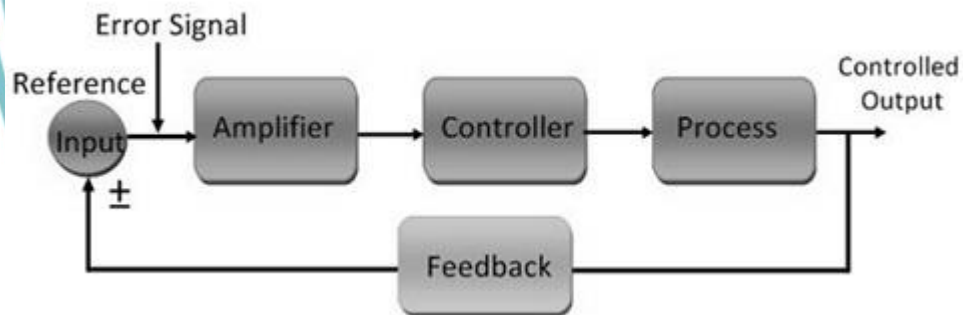
Gambar 2.6. Diagram Blok Sistem Kontrol Loop Terbuka

Sumber: <https://www.elprocus.com/difference-between-open-loop-closed-loop-control-system/>

### 2.7.2 Sistem Kontrol Loop Tertutup

Sistem kendali loop tertutup dapat didefinisikan sebagai keluaran dari sistem yang bergantung pada masukan dari sistem. Sistem kontrol ini memiliki satu atau lebih loop umpan balik di antara input & outputnya. Sistem ini memberikan output yang dibutuhkan dengan mengevaluasi inputnya. Sistem semacam ini menghasilkan sinyal kesalahan dan itu adalah perbedaan utama antara output dan input sistem. Keuntungan utama dari sistem kontrol loop tertutup adalah akurat, mahal, andal, dan membutuhkan perawatan yang tinggi (*Difference between Open Loop & Closed Loop Control System*, 2023).

Contoh terbaik dari sistem kontrol loop tertutup adalah AC atau AC. AC mengontrol suhu dengan mengevaluasinya dengan suhu terdekat. Evaluasi suhu dapat dilakukan melalui termostat. Setelah AC memberi sinyal kesalahan adalah perbedaan utama antara ruangan dan suhu di sekitarnya. Jadi termostat akan mengontrol kompresor. Sistem ini akurat, mahal, andal, dan membutuhkan perawatan yang tinggi.



Gambar 2.7. Diagram Blok Sistem Kontrol Loop Tertutup

Sumber: <https://www.elprocus.com/difference-between-open-loop-closed-loop-control-system/>

### 2.8 Motor DC

Motor dc memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam medan magnet maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah –ubah arah pada setiap setengah putaran, sehingga

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



merupakan tegangan bolak –balik. Prinsip kerja dari motor dc adalah bahwa arah medan magnet rotor selalu berusaha berada padaposisi yang berlawanan arah dengan arah medan magnet stator. Ini mengikuti sifat magnet bahwa jika magnet yang berlawanan arah didekatkan satu sama lain mereka akan saling tarik – menarik.

Magnet yang searah akan saling tolak – menolak. Pada motor dc, daerah kumparan medan yang dialiri arus listrik akan menghasilkan medan magnet yang melingkupi kumparan jangkar dengan arah tertentu. Konversi dari energi listrik menjadi energi mekanik (motor) maupun sebaliknya berlangsung melalui medan magnet. Dengan demikian medan magnet disini selain berfungsi sebagai tempat untuk menyimpan energi, sekaligus sebagai tempat berlangsungnya perubahan energi.

Agar proses perubahan energi dapat berlangsung secara sempurna, maka tegangan sumber harus lebih besar daripada tegangan gerak yang disebabkan reaksi lawan. Untuk menjaga kontinuitas momen putar rotor maka arah medan magnet rotor harus menyesuaikan. Efek perubahan arah medan rotor dapat diciptakan dengan melakukan perubahan arah aliran arus yang mengalir dalam rangkaian jangkar. Perubahan arah aliran arus yang mengalir dalam rangkaian jangkar. Perubahan aliran arus rotor ini dilakukan dengan menghubungkan rangkaian jangkar dengan sumber tegangan luar melalui sikat (brush) yang dilengkapi dengan komutator (Anthoinete P.Y.Waroh, 2014).

Aktuator linear adalah salah satu jenis motor DC yang bergerak linear atau maju mundur. Gerakan maju mundur tersebut di dapat dari hasil perpindahan dari roda gigi dengan motor DC rotari. Aktuator linear juga tentu memiliki *feedback* yang dikirimkan ke kontroler guna membantu mempermudah pengendalian.

#### Hak Cipta :

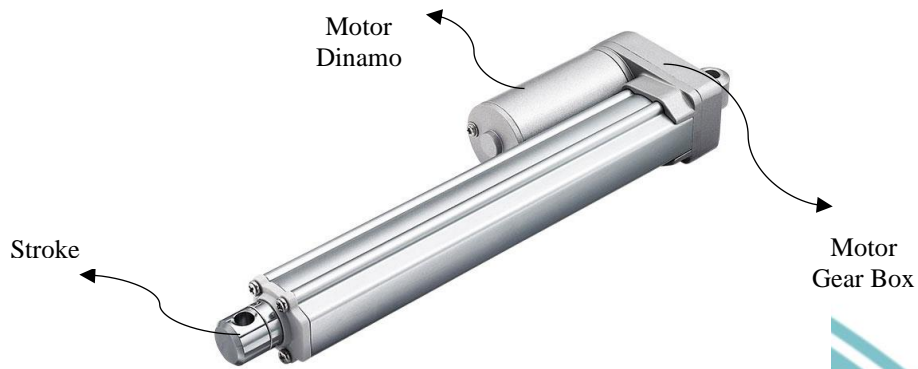
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 2.8. Motor Aktuator Linear DC

Sumber: <https://www.timotion.com/>

## 2.9 Mikrokontroler

Mikrokontroler ialah sebuah sistem komputer yang berbentuk sederhana dalam sebuah chip, didalamnya terdapat komponen-komponen pendukung kerja seperti RAM, ROM, I/O, serta clock seperti *Personal Computer* pada umumnya.

Dari pengertian yang sudah dijelaskan dari dua sumber diatas, maka dapat disimpulkan mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer hanya saja ukuran yang lebih kecil, didalamnya mengandung prosesor, memori, dan I/O yang dapat mengontrol peralatan elektronik sehingga dapat lebih efisien dan lebih efektif.



Gambar 2.9. Modul ESP32 DevKit V1

Ada banyak model ESP32 Development Kit (board untuk membuat aplikasi dengan ESP32), salah satunya ESP32 DEVKIT V1 yang nantinya dapat dipakai untuk membuat beberapa aplikasi IoT (Internet of Things) dengan ESP32.



### Hak Cipta :

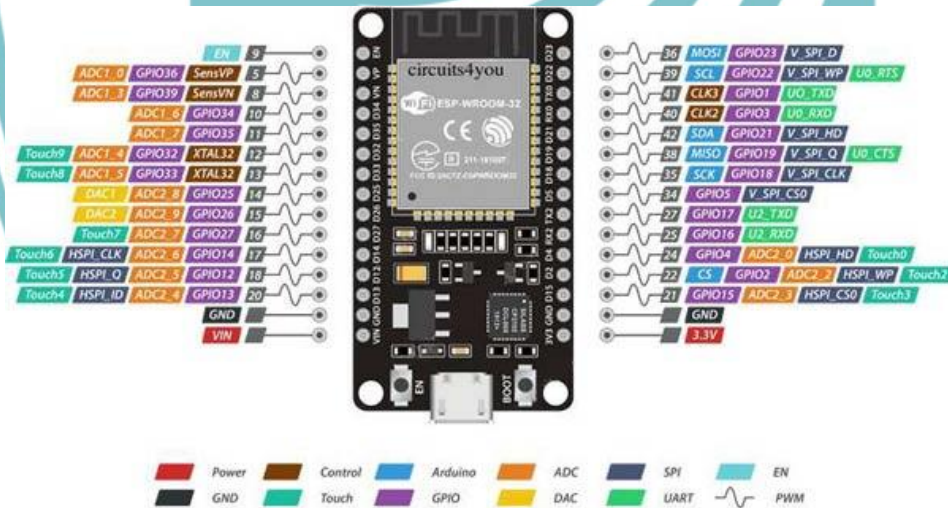
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Terlihat sepintas hampir sama dengan NodeMCU, ukuran maupun warnanya. Koneksi ke komputer juga memakai konektor micro USB.

Fitur-fitur ESP32:

- Jumlah pin : 30 meliputi pin tegangan dan GPIO.
- 15 pin ADC (Analog to Digital Converter)
- 3 UART Interface
- 3 SPI Interface
- 2 I2C Interface
- 16 pin PWM (Pulse Width Modulation)
- 2 pin DAC (Digital to Analog Converter)
- Pin GPIO ESP32 WROOM DevKit V1.

Pada board ESP32 DevKit terdapat 25 pin GPIO (General Purpose Input Output) dengan masing – masing pin mempunyai karakteristik sendiri – sendiri.



ESP32 Dev. Board Pinout

Gambar 2.10. Pin GPIO ESP32 WROOM DevKit V1

Sumber: [Mengenal ESP32 Development Kit untuk IoT \(Internet of Things\) \(ardutech.com\)](http://ardutech.com)

Pin hanya sebagai INPUT :

- GPIO 34
- GPIO 35
- GPIO 36



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- GPIO 39

Pin dengan internal pull up, dapat diseting melalui program :

- GPIO14
- GPIO16
- GPIO17
- GPIO18
- GPIO19
- GPIO21
- GPIO22
- GPIO23

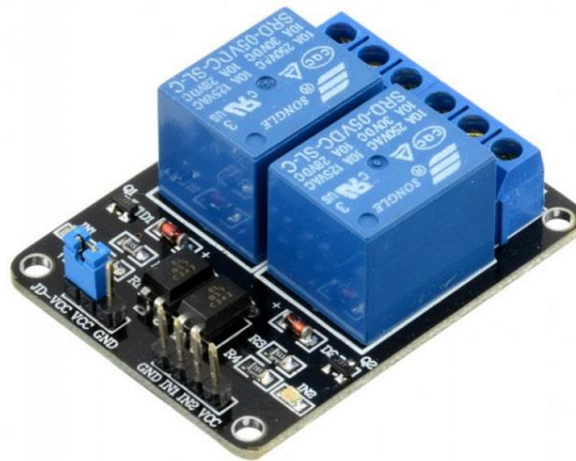
Pin tanpa internal pull up (dapat ditambahkan pull up eksternal sendiri) :

- GPIO13
- GPIO25
- GPIO26
- GPIO27
- GPIO32
- GPIO33

## 2.10 Relay

Relay adalah Saklar (Switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (low power) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A. (Turang, 2015)





Gambar 2.11. Modul Relay 2 Channel

Sumber: <https://components101.com>

### 2.11 Modul Sensor LDR LM393

LM393 adalah sensor cahaya foto-resistor sederhana yang memiliki output digital. Output digital memiliki potensiometer trim yang dapat digunakan untuk mengatur tingkat cahaya pemicu. Light Dependent Resistor atau modul LDR adalah modul input yang mengirimkan sinyal (digital atau analog) ke Arduino Anda tergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya. Sensor memiliki kenop potensiometer yang dapat menyesuaikan untuk mengubah sensitivitas.



Gambar 2.12. Modul Sensor LDR/Photoresistor

Sumber: <https://www.mrwatt.eu/>

### 2.12 Modul RTC (Real Time Clock)

Modul RTC DS3231 adalah salah satu jenis module yang dimana berfungsi

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

sebagai RTC (Real Time Clock) atau pewaktuan digital serta penambahan fitur pengukur suhu yang dikemas kedalam 1 module. Selain itu pada modul terdapat IC EEPROM tipe AT24C32 yang dapat dimanfaatkan juga. Interface atau antarmuka untuk mengakses modul ini yaitu menggunakan i2c atau two wire (SDA dan SCL). Sehingga apabila diakses menggunakan mikrontroler misal Arduino Uno pin yang dibutuhkan 2 pin saja dan 2 pin power. Module DS3231 RTC ini pada umumnya sudah tersedia dengan battery CR2032 3V yang berfungsi sebagai back up RTC apabila catudaya utama mati.



Gambar 2.13. Real Time Clock

Sumber: [Buy DS3231 RTC Module Online In India. Hyderabad \(potentiallabs.com\)](http://potentiallabs.com)

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## BAB III

### PERANCANGAN DAN REALISASI

#### 3.1 Rancangan Alat

Rancangan pada penelitian ini terdiri atas beberapa poin seperti berikut.

##### 3.1.1 Deskripsi Alat

Sistem otomasi penggerak reflektor PLTS mengendalikan pergerakan reflektor dengan menggunakan kontrol mikrokontroler yang dapat dikendalikan dan dipantau dari aplikasi Blynk. Sistem ini menggunakan komponen sensor RTC agar bisa menjalankan dua mode pergerakan reflektor, yaitu mode otomatis dan mode manual. Mode otomatis memanfaatkan RTC sebagai input untuk menggerakkan motor, sementara mode manual memanfaatkan *input widget button* dari aplikasi Blynk secara manual.

Sistem otomasi yang dikembangkan menerapkan sistem PLTS On Grid dimana Keluaran *photovoltaic* (PV) bertemu dengan grid PLN pada komponen inverter. Seluruh komponen yang menghasilkan tegangan, seperti PV dan grid PLN, diamankan oleh MCB AC dan DC.

Media reflektor digunakan dengan tujuan meningkatkan intensitas radiasi matahari yang didapat oleh PV. Karena pada dasarnya semakin tinggi lux yang didapatkan oleh PV, maka semakin tinggi arus yang dikeluarkan oleh PV, sehingga daya yang dihasilkan oleh PV pun semakin tinggi pula. Sistem otomatis digunakan agar reflektor memantulkan cahaya dengan kondisi paling optimal, secara otomatis.

##### 3.1.2 Cara Kerja Alat

Sistem terdiri dari dua mode, yaitu auto dan manual. Ketika memilih mode manual, pengendalian reflektor dapat dipilih secara manual melihat kondisi matahari saat ini. Kondisi manual memungkinkan untuk mengatur media reflektor untuk membuka atau menutup, dengan mengatur kondisi motor memanjang atau memendek.



#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Ketika memilih mode auto, maka pergerakan reflektor panel surya akan mengikuti waktu yang telah ditentukan, dengan sudut yang telah ditentukan pula.

*Photovoltaic* (PV) menyerap cahaya matahari dan akan mengalirkannya ketika beban terpasang. Arus yang dialirkan oleh PV diamankan terlebih dahulu oleh MCB DC. Setelah diamankan oleh MCB DC, arus keluaran PV dialirkan untuk masuk ke inverter. Setelah diubah menjadi arus AC oleh inverter, arus akan masuk ke beban melalui stop kontak dimana suplai listrik yang dihasilkan oleh PV dan grid PLN bertemu. Stop kontak ini akan terhubung dengan *Power Supply Unit* (PSU) sebagai sumber untuk menyalakan PSU itu sendiri. Selain daya yang dihasilkan oleh PV, daya dari grid PLN juga dijadikan sumber untuk PSU. Sementara keluaran PSU, arus yang sudah dijadikan searah kembali, dijadikan untuk sumber menyalakan motor, yang dikirim melalui PCB, agar bisa dikontrol manual dan otomatis. Kembali ke arus AC, setelah masuk ke PSU, arus AC dikirim ke kWh meter sebagai pembacaan daya dan energi.

Aliran listrik yang masuk dari PLN akan diamankan oleh MCB AC. Setelah diamankan oleh MCB AC, arus AC yang dikirim oleh grid PLN akan langsung masuk ke kWh meter untuk diukur daya dan energinya. Selain dikirim ke kWh meter, arus AC dari grid PLN juga dikirim untuk menjadi suplai stop kontak.

*Internet of Things* (IoT) yang digunakan, memiliki dua fungsi, yaitu memantau dan mengendalikan sistem. Sistem pemantauan yang digunakan yaitu untuk memantau aliran listrik yang masuk dari grid PLN, terdiri dari tegangan, arus, daya aktif, daya reaktif, faktor daya, dan frekuensi. Selain itu sistem juga memantau mode yang digunakan sistem kontrol, apakah mode manual atau mode auto. Jika mode yang dipilih mode auto, maka sistem akan memunculkan sudut pergerakan reflektor.

### 3.1.3 Desain Alat

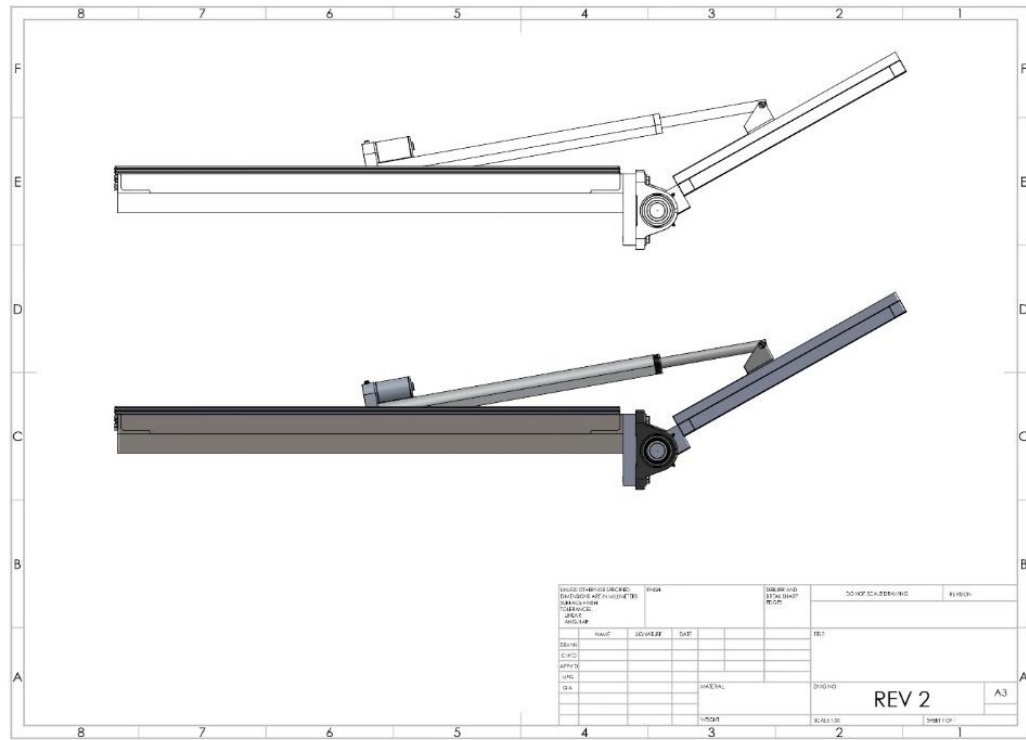
Sistem otomasi penggerak reflektor didesain sebaik mungkin bagi dari segi fungsional, pemilihan motor penggerak reflektor, dan estetika. Berikut merupakan desain alat secara keseluruhan dilihat dari tampak atas dan tampak samping.



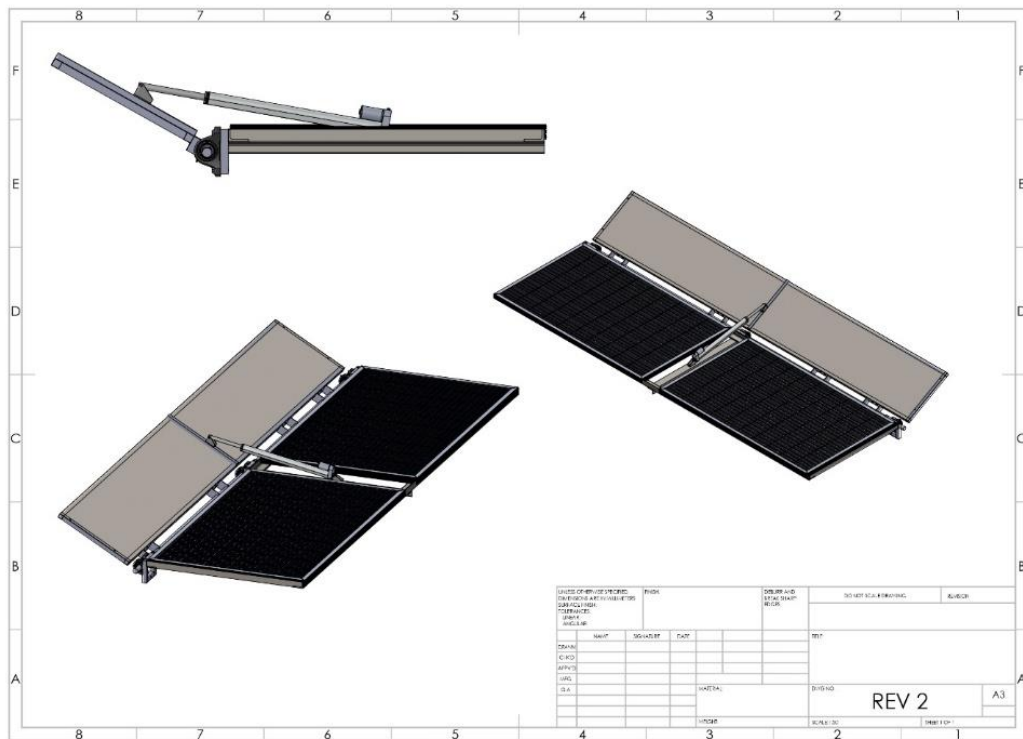


**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 3.1. Reflektor Panel Surya Tampak Samping



Gambar 3.2. Reflektor Panel Surya Tampak Atas



### 3.1.4 Spesifikasi Alat

Informasi mengenai spesifikasi alat pada sistem otomasi penggerak reflektor pada panel surya berbasis IoT dapat dilihat pada tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1. Spesifikasi Sistem

No	Komponen	Spesifikasi	Jumlah	Satuan
1	Panel Surya	Monocrystalline 250Wp	1	Unit
		Polycrystalline 250Wp	1	Unit
2	MCB AC	Schneider Domae 6A	1	Unit
3	MCB DC	TMZN DC 440V 10A	1	Unit
4	ESP32	Up to 240 MHz frequency, 520 KB of SRAM, Wi-Fi connectivity up to 150 Mbps, Bluetooth v4.2, 34 Programmable GPIOs	1	Unit
5	Kwh Meter	TMZN Hiking DDS238-4 W	1	Unit
6	Inverter	Grid Tie Inverter GTI 600W Pure Sine Wave On Grid	1	Unit
7	Step Down	LM2596	1	Unit
8	Relay	Modul 2 channel 5VDC	1	Unit
9	Modul Converter	TTL tos RS485	1	Unit
10	Modul Sensor	Real Tme Clock 3231	1	Unit
11	Motor	Aktuator linear 12VDC	1	Unit
12	Power Suplai	12VDC 10A	1	Unit
13	Box Panel	70 mm x 50 mm x 20 mm	1	Unit
14	Reflektor	Besi holo 3500 mm x 500 mm	1	Unit
15	Stop Kontak	Broco Atlantik 220V 16A	4	Unit
16	Modem	Smartfren M2Y	1	Unit

Semua peralatan dan komponen diatas dirangkai sedemikian rupa pada sebuah box panel seperti pada gambar 3.1. Kemudian, komponen yang sudah terpasang segera

#### Hak Cipta :

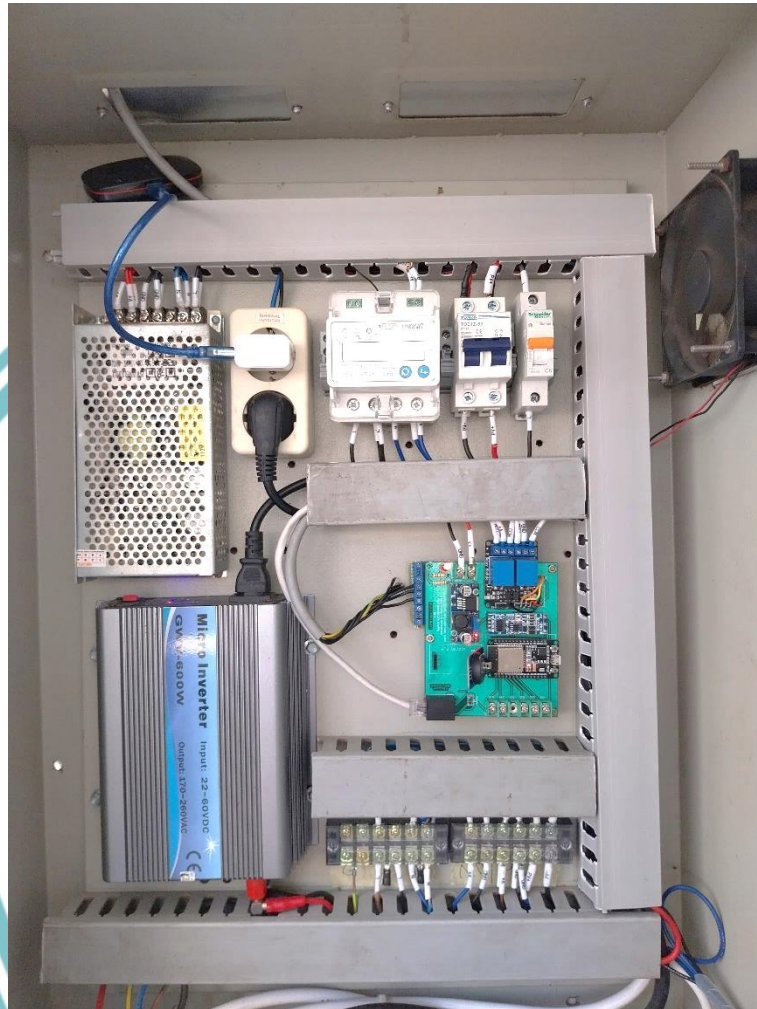
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

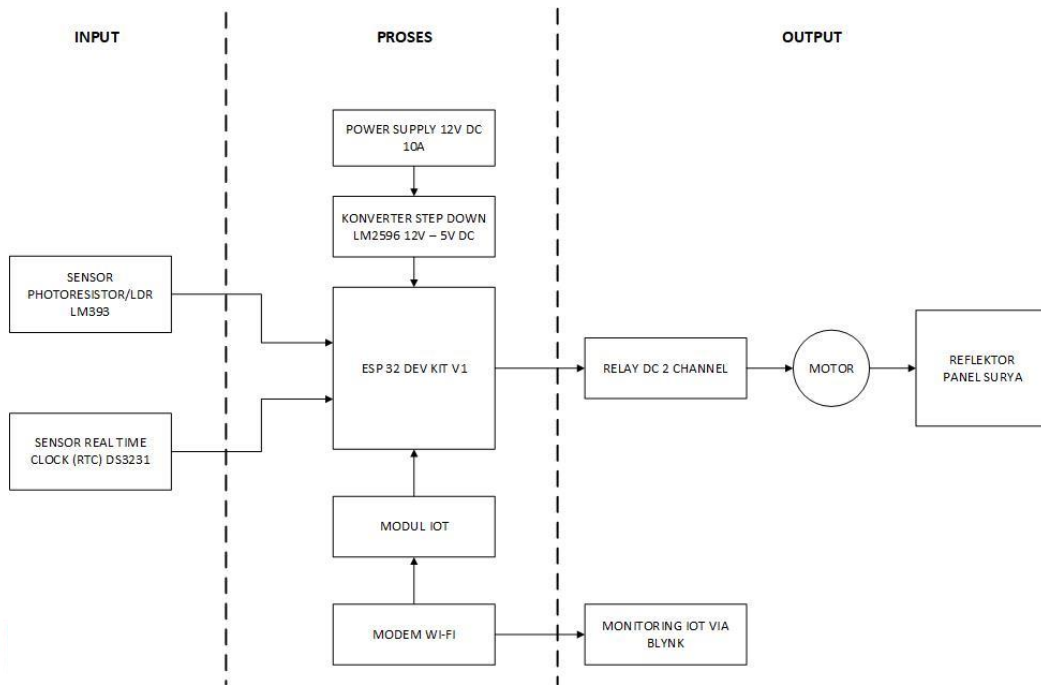
dilakukan pengkabelan (*wiring*). Pemilihan kabel disesuaikan sesuai dengan fungsi dan kebutuhan komponen.



Gambar 3.3. Rangkaian Daya dan Kontrol pada Box Panel

### 3.1.5 Diagram Blok

Sistem otomasi penggerak reflektor panel surya ini dirancang sebaik mungkin agar mampu bekerja dengan optimal. Sistem ini dirancang dengan adanya input, proses, dan output seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.4. Diagram Blok Sistem Otomasi Penggerak Reflektor pada Panel Surya

### 3.2 Realisasi Alat

Agar penelitian dapat dilakukan dengan baik maka diperlukan perealisasi alat. Dengan demikian, sistem dapat dilakukan pengujian yang nantinya dianalisa dan diambil kesimpulan.

#### 3.2.1 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan metode eksperimental. Dalam metode eksperimental, peneliti akan melakukan serangkaian uji coba dan pengamatan untuk menguji kinerja dan fungsionalitas sistem kontrol otomasi berbasis sensor RTC dan LDR pada reflektor panel surya.

Berikut adalah langkah-langkah penelitian menggunakan metode eksperimental:

##### 1. Penyusunan Rencana Penelitian:

- Menentukan tujuan penelitian secara jelas, seperti menguji akurasi waktu dari RTC, respons sistem terhadap perubahan cahaya, dan kinerja pengontrolan relay.
- Mengidentifikasi variabel yang akan diuji, seperti waktu RTC, intensitas cahaya

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LDR, status relay, Intensitas Radiasi Matahari, dan sudut kemiringan reflektor terhadap panel surya.

- Merencanakan eksperimen dan skenario pengujian yang mencakup berbagai situasi, seperti perubahan intensitas cahaya, kondisi pengaturan waktu, dan situasi beralih mode antara operasi dan standby.

2. Pengumpulan Data:

- Menyiapkan sistem berdasarkan deskripsi yang telah diberikan, termasuk sensor RTC, LDR, relay, dan mikrokontroler.

- Mencatat hasil pengujian dengan seksama, termasuk waktu RTC yang ditampilkan, nilai sensor LDR, status relay, dan pesan yang muncul di serial monitor atau tampilan layar pada aplikasi blynk.

3. Analisis Data:

- Melakukan analisis data untuk mengevaluasi performa sistem berdasarkan hasil pengujian.

- Membandingkan waktu RTC dengan waktu sebenarnya untuk menguji akurasi sensor RTC.

- Meninjau respon sistem dalam berbagai situasi cahaya dan perbandingan dengan kondisi relay untuk mengevaluasi kinerja sistem.

4. Kesimpulan dan Penarikan Hasil:

- Menarik kesimpulan berdasarkan analisis data dan perbandingan dengan tujuan penelitian.

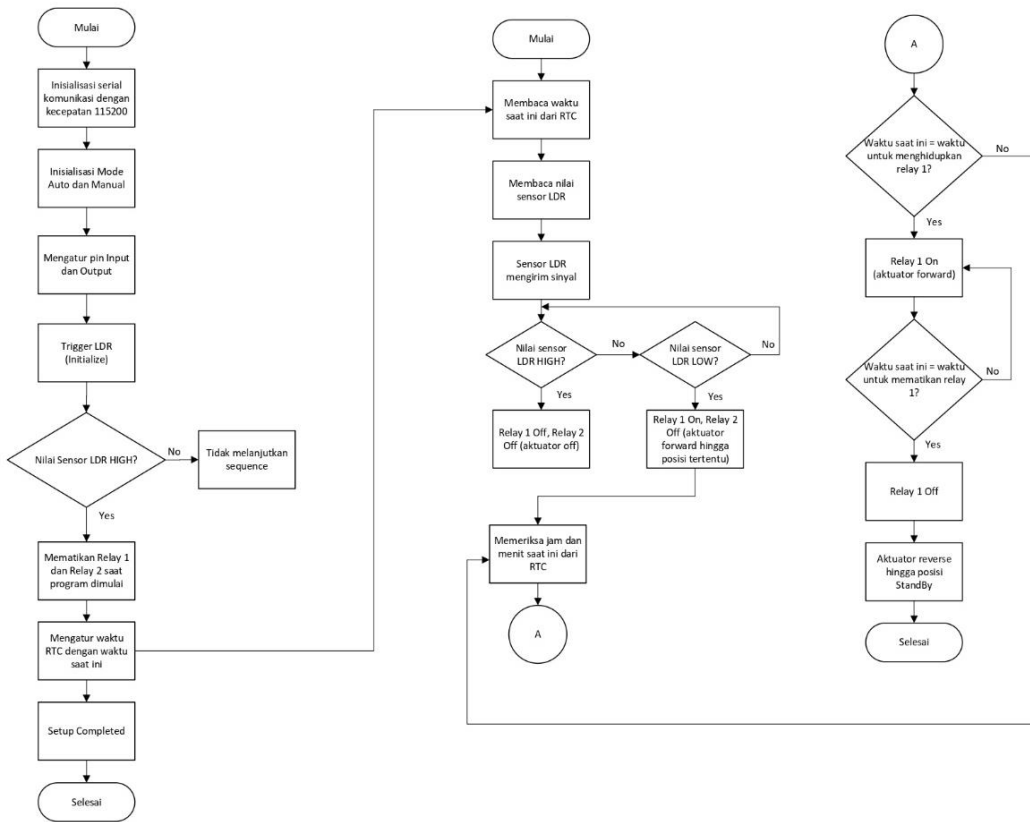
- Mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan sistem, serta potensi perbaikan dan pengembangan lebih lanjut.

### 3.2.2 Prinsip Kerja Alat

Sistem kontrol yang bekerja pada alat ini terbagi menjadi 2 kelas. Kelas pertama disebut “*setup*” dimana pada kelas ini sistem akan melakukan pengaturan awal seperti, mendeklarasikan inisialisasi sensor dan konektivitas. Kedua, kelas “*loop*” dimana sistem akan melakukan proses kerja sesuai dengan cara kerja kontrolnya secara berulang.

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 3.5. Flowchart Sistem Kontrol

Sistem dimulai dengan melakukan inisialisasi dan pengaturan awal. *Serial communication* diatur dengan kecepatan 115200 untuk komunikasi dengan perangkat lain lalu menginisialisasikan mode auto dan manual. Kemudian pin relay, RTC, dan LDR diatur sesuai dengan kebutuhan sistem. Selanjutnya, RTC (DS3231) diinisialisasi dan diperiksa apakah RTC berfungsi dengan baik. Waktu RTC diatur dengan waktu saat ini untuk memastikan waktu yang akurat. Setelah semua pengaturan selesai, sistem menampilkan pesan "Setup completed" sebagai tanda bahwa sistem telah siap beroperasi.

Selanjutnya, sistem berjalan dalam loop untuk melakukan operasi yang berulang. Pertama, waktu saat ini diambil dari RTC. Nilai sensor LDR dibaca untuk mengetahui keadaan lingkungan saat ini. Nilai sensor LDR ditampilkan di serial monitor untuk pemantauan.





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sistem memiliki dua mode operasi: Mode Operasi (OPERATING MODE) dan Mode Standby (STANDBY MODE). Jika nilai sensor LDR adalah HIGH, sistem berada dalam Mode Operasi. Pada mode ini, relay channel 1 diaktifkan untuk jangka waktu tertentu sesuai dengan waktu yang terbaca pada sensor RTC, kemudian relay channel 1 dinonaktifkan setelah relay 1 on selama 8 detik.

Jika nilai sensor LDR adalah LOW, sistem beralih ke Mode Standby. Pada mode ini, relay 1 dan relay 2 dinonaktifkan. Ini menunjukkan bahwa sistem sedang dalam kondisi standby dan tidak melakukan operasi relay.

Selanjutnya, sistem memeriksa waktu saat ini dan membandingkannya dengan waktu yang ditentukan untuk menghidupkan dan mematikan relay 1. Jika waktu saat ini sesuai dengan waktu yang ditentukan, relay channel 1 dihidupkan atau dimatikan sesuai dengan kondisi. Pesan yang sesuai ditampilkan di serial monitor untuk memberikan informasi tentang status relay 1.

Proses yang sama dilakukan untuk mengaktifkan dan mematikan relay 1 dengan waktu yang ditentukan pada relay 2. Sistem memeriksa waktu saat ini dan mengontrol relay channel 2 berdasarkan waktu yang ditentukan. Pesan yang sesuai ditampilkan di serial monitor untuk memberikan informasi tentang status relay 2.

Sistem terus berjalan dalam loop dan mengulangi operasi ini dengan mengupdate waktu saat ini dari RTC dan memeriksa kondisi sensor LDR. Hal ini memungkinkan sistem untuk mengatur relay sesuai dengan waktu yang telah ditentukan dan kondisi lingkungan yang terdeteksi oleh sensor LDR.

### 3.2.3 Alat dan Bahan Penelitian

Berikut adalah alat dan bahan yang diperlukan untuk melakukan penelitian dan implementasi sistem otomatisasi dengan deskripsi dan spesifikasi lengkap:

a) Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

- a. Mikrokontroler: ESP32 DevKit V1. Mikrokontroler digunakan sebagai otak sistem dan mengendalikan operasi relay serta membaca data dari sensor RTC dan LDR.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- b. Sensor RTC: modul RTC DS3231. Digunakan untuk menyediakan waktu real-time yang akurat dan presisi untuk sistem kontrol waktu.
  - c. Sensor LDR: Modul Light Dependent Resistor LM393 untuk mengukur intensitas cahaya di sekitar reflektor panel surya.
  - d. Modul Relay: Dibutuhkan dua modul relay untuk mengendalikan reflektor panel surya.
  - e. Motor DC: Digunakan untuk menggerakkan reflektor panel surya sesuai dengan perintah dari sistem kontrol.
  - f. Sistem Mekanik: Mekanisme untuk menghubungkan motor DC dengan reflektor panel surya sehingga dapat dikontrol dan mengarahkan cahaya matahari.
  - g. Kabel dan konektor: Untuk menghubungkan semua komponen dalam sistem.
  - h. Sumber Daya Listrik: Power supply untuk memberikan daya pada mikrokontroler, sensor RTC, sensor LDR, modul relay, dan motor DC.
  - i. Komputer: Digunakan untuk mengatur dan memprogram mikrokontroler melalui USB dan untuk memantau data melalui serial monitor.
- b) Spesifikasi:
- Alat dan bahan penelitian memiliki spesifikasi seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Spesifikasi Alat dan Bahan

No.	Komponen	Spesifikasi
1	Mikrokontroler	ESP32 DevKit V1
2	Sensor RTC	- Modul RTC DS3231
		- Akurasi: $\pm 2$ ppm ( $\pm 0.432$ detik per hari pada $25^{\circ}\text{C}$ )
		- Supply voltage: 3.3V - 5V
		- Komunikasi: I2C (Inter-Integrated Circuit) Interface
3	Sensor LDR	- Tipe: Modul Light Dependent Resistor (LDR) LM393
		- Range resistansi: $1\text{k}\Omega$ - $10\text{k}\Omega$
		- Output: Analog atau digital
4	Modul Relay	- Jumlah relay: 2 (channel 1 untuk mengendalikan motor DC reflektor dan channel 2 untuk standby mode)





		- Tegangan bekerja: 5VDC
5	Motor DC	- Tipe: Motor DC Linear - Tegangan kerja: 12 VDC - Kecepatan: 7mm/detik - Torsi: maks. 1500N
6	Sistem Mekanik	- Desain sistem mekanik disesuaikan dengan model reflektor panel surya yang akan digunakan dan motor DC. - Material: Aluminium atau bahan yang ringan dan tahan korosi.
7	Kabel dan Konektor	- Kabel jumper dan konektor sesuai dengan kebutuhan untuk menghubungkan komponen dengan mikrokontroler dan antar komponen lainnya.
8	Sumber Daya Listrik	- Tegangan input: 220 VAC. - Tegangan output: 5 VDC untuk mikrokontroler dan sensor dan 12 VDC untuk motor DC dan relay.
9	Komputer	- Sistem operasi: Windows, macOS, atau Linux. - Software: Arduino IDE.
10	Busur Derajat	Alat ukur busur digital (smartphone)

### 3.2.4 Pergerakan Reflektor terhadap Panel Surya

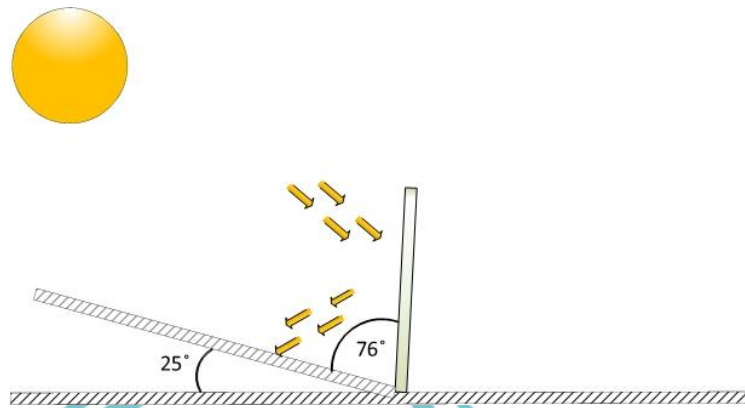
Reflektor panel surya mampu bergerak secara otomatis berdasarkan posisi atau sudut yang sudah ditentukan untuk menangkap arah datangnya cahaya matahari. Pergerakan reflektor ini didasarkan pada dua jenis posisi, yaitu posisi standby dan posisi bergerak di setiap sudut.

#### a) Posisi Stanby

Posisi standby adalah posisi reflektor ketika sistem belum mendapatkan sinyal dari sensor dengan kata lain mode auto sistem sedang mati. Pada posisi ini alat tidak bekerja dikarenakan kondisi cahaya lingkungan sudah redup dan sensor RTC tidak akan mengirimkan sinyal hingga mencapai waktu yang sudah diatur.

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

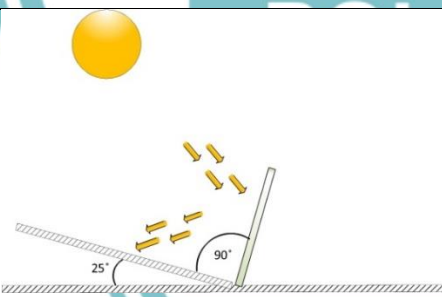
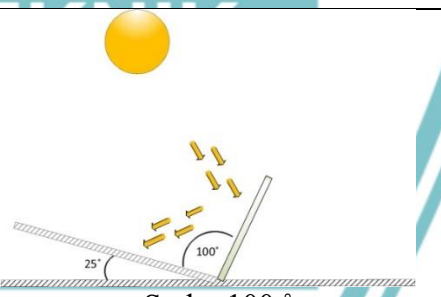
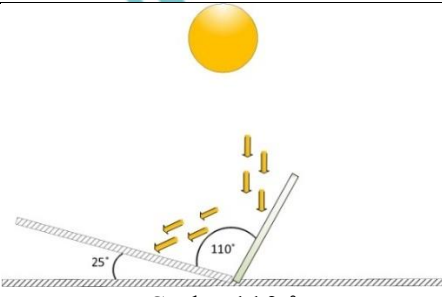
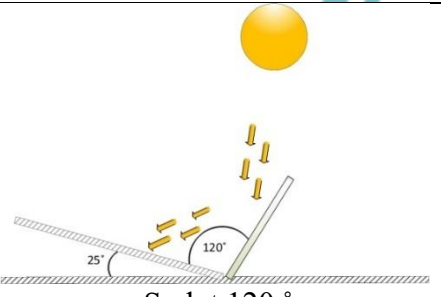


Gambar 3.6. Posisi Kemiringan Reflektor Sudut  $76^\circ$  terhadap Panel

b) Posisi Bergerak di Setiap Sudut

Untuk mendapatkan cahaya maksimal dan menghasilkan daya keluaran yang optimal, posisi reflektor harus mampu mengikuti arah datangnya cahaya matahari. Pergerakan arah datang cahaya matahari diikuti oleh pergerakan reflektor dengan penambahan sudut reflektor terhadap panel surya.

Tabel 3.3. Sudut Kemiringan Reflektor terhadap Panel

No.	Gambar	No.	Gambar
1	 <p>Sudut <math>90^\circ</math></p>	4	 <p>Sudut <math>100^\circ</math></p>
2	 <p>Sudut <math>110^\circ</math></p>	5	 <p>Sudut <math>120^\circ</math></p>

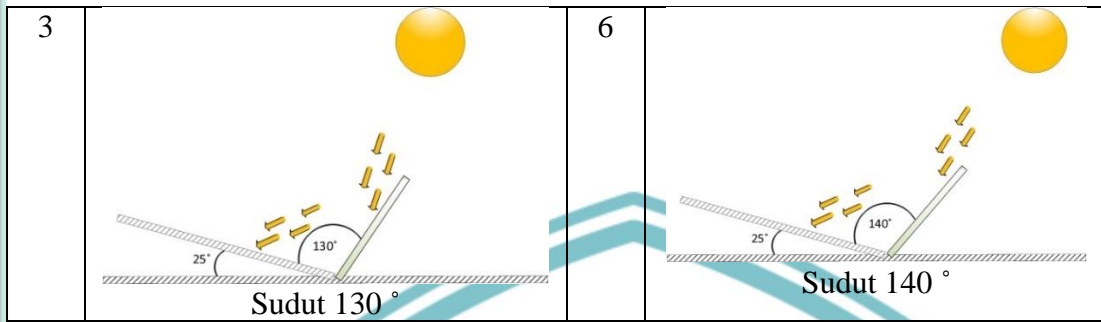
**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



### 3.2.5 Pemrograman

Sistem otomatis penggerak reflektor panel surya ini harus dapat bergerak sesuai dengan deskripsi. Oleh karena itu, dibutuhkan pemrograman pada alat untuk dapat mengkonfigurasi setiap komponen baik itu sensor sebagai input, mikrokontroler sebagai pusat kendali, dan motor dc linear sebagai output. Pemrograman dilakukan menggunakan software Arduino IDE, yang mana merupakan sebuah platform aplikasi pemrograman yang kompleks.

Penggerak reflektor panel surya diprogram agar dapat bergerak pada jam-jam yang sudah diatur seperti pada tabel 3.4. Pergerakan reflektor ini sesuai dengan perhitungan matematis agar sinar pantul dapat diterima secara optimal.

Table 3.4. Jadwal Pergerakan Reflektor

No.	Waktu (WIB)	Sudut Kemiringan Reflektor (°)
1	10:00	76
2	10:40	90
3	11:20	100
4	12:00	110
5	12:40	120
6	13:20	130
7	14:00	140
8	18:00	76

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Contoh pemrograman pada Arduino IDE untuk program kontrol reflektor ini dapat dilihat pada gambar 3.6 dan gambar 3.7.

```

48 const int onHour1 = 15; // Jam menghidupkan relay 1-1
49 const int onMinutel = 5; // Menit menghidupkan relay 1-1
50 const int offHour1 = 15; // Jam mematikan relay 1-1
51 const int offMinutel = 5; // Menit mematikan relay 1-1
52 const int onsecond1 = 6; // Jam mematikan relay 1-1
53 const int offsecond1 = 10; // Menit mematikan relay 1-1
54

```

Gambar 3.7. Inisialisasi Jadwal Pergerakan Reflektor

```

185 void auto_RTC()
186 {
187 //=====
188 if (currentHour == onHour1 && currentMinute == onMinutel) \
189 {
190   activeMotor();
191 }
192 else if (currentHour == onHour2 && currentMinute == onMinute2)
193 {
194   activeMotor();
195 }
196 else if (currentHour == onHour3 && currentMinute == onMinute3)
197 {
198   activeMotor();
199 }
200 else if (currentHour == onHour4 && currentMinute == onMinute4)
201 {
202   activeMotor();
203 }
204 else if (currentHour == onHour5 && currentMinute == onMinute5)
205 {
206   activeMotor();
207 }
208 else if (currentHour == onHour6 && currentMinute == onMinute6)
209 {
210   activeMotor();
211 }
212 //=====
213 if (currentsecond - TempDetik >= 4)
214 {
215   MotorOFF();
216   if (StateMotorON == 1) {
217     if (currentMinute > TempMinute) {
218       StateMotorON = 0;
219

```

Gambar 3.8. Program Motor Aktif Sesuai Jadwal

### 3.2.6 Testing Alat

Sebelum melakukan testing atau percobaan, berikut adalah contoh SOP (*Standard Operating Procedure*) sebelum dan sesudah melakukan pengujian dengan monitoring





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

melalui aplikasi Blynk:

a) SOP Sebelum Pengujian:

1. Pastikan semua komponen dan perangkat telah disiapkan dengan baik, termasuk:
  - Sensor RTC (misalnya DS3231) dan kabelnya.
  - Mikrokontroler (seperti Arduino) dengan program yang sesuai.
  - Sensor LDR dan kabelnya.
  - Relay dan driver relay yang diperlukan.
  - Perangkat untuk monitoring, seperti komputer atau smartphone yang terhubung ke internet.
2. Hubungkan komponen sesuai dengan skema rangkaian yang telah direncanakan. Periksa kembali koneksi dan pastikan semuanya terhubung dengan benar.
3. Pastikan perangkat mikrokontroler telah diprogram dengan benar dan sesuai dengan deskripsi sistem di atas.
4. Pastikan semua sensor dan perangkat lainnya berfungsi dengan baik sebelum melanjutkan ke langkah pengujian.
5. Pastikan mikrokontroler terhubung ke komputer atau perangkat lainnya melalui USB untuk memantau output serial monitor.
6. Pastikan aplikasi Blynk telah diinstal di perangkat yang akan digunakan untuk monitoring.

b) SOP Selama Pengujian:

1. Nyalakan sistem dan biarkan melakukan inisialisasi. Pantau output serial monitor untuk memastikan semua pengaturan awal berjalan dengan baik.
2. Periksa koneksi WiFi dan pastikan sistem terhubung dengan jaringan WiFi yang sesuai. Catat alamat IP yang ditampilkan di serial monitor.
3. Pantau output serial monitor untuk memastikan RTC berfungsi dengan baik dan waktu telah diatur dengan benar sesuai dengan waktu saat ini.
4. Perhatikan nilai sensor LDR yang ditampilkan di serial monitor untuk memantau kondisi lingkungan saat ini.
5. Amati operasi relay dan perubahan status relay saat sistem beralih antara Mode Operasi dan Mode Standby berdasarkan nilai sensor LDR dan waktu yang telah

ditentukan.

6. Pastikan pesan yang sesuai ditampilkan di serial monitor untuk memberikan informasi tentang status relay dan waktu operasi.

7. Pantau pula aplikasi Blynk untuk melihat apakah data sensor LDR dan status relay sesuai dengan yang ditampilkan di serial monitor.

c) SOP Setelah Pengujian:

1. Matikan sistem dan putuskan koneksi dengan komputer atau perangkat lainnya.

2. Evaluasi data hasil pengujian, termasuk akurasi waktu RTC dan perubahan status relay berdasarkan nilai sensor LDR dan waktu yang ditentukan.

3. Analisis data dan evaluasi kinerja sistem untuk memastikan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

4. Catat hasil pengujian, temuan, dan catatan lainnya untuk referensi di masa mendatang.

5. Identifikasi masalah dan lakukan perbaikan atau kalibrasi yang diperlukan untuk meningkatkan performa sistem.

6. Pastikan semua perangkat dan komponen kembali dalam kondisi yang rapi dan siap untuk digunakan pada kesempatan berikutnya.

7. Pastikan semua data hasil pengujian telah dicadangkan dan disimpan dengan aman.

Testing alat dapat dilakukan dengan dua mode, yaitu mode auto dan mode manual. Pada mode auto, sistem otomasi reflektor dapat bekerja secara otomatis sesuai dengan program yang dibuat. Sedangkan pada mode manual, sistem ini dapat digerakkan melalui aplikasi Blynk pada perangkat smartphone. Tampilan mode auto dan mode manual dapat dilihat pada gambar.

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





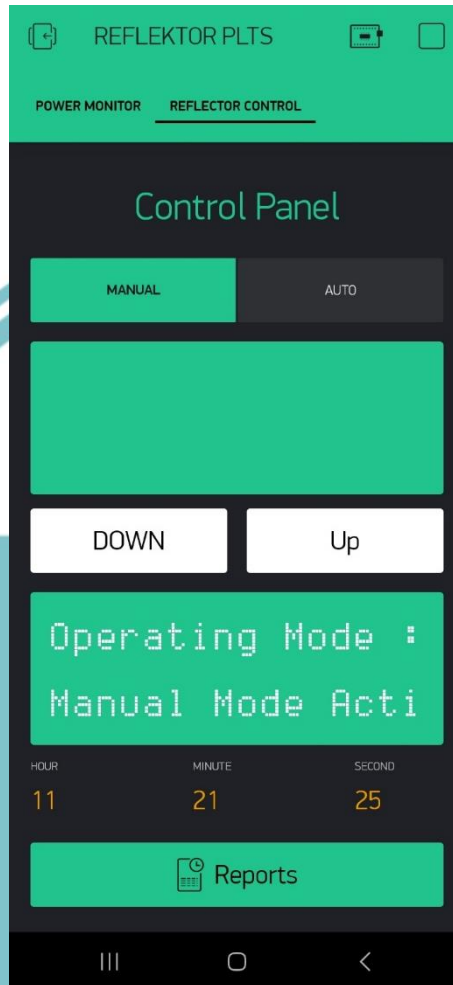


Gambar 3.9. Tampilan Kontrol Mode Auto pada Aplikasi Blynk

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Gambar 3.10. Tampilan Kontrol Mode Manual pada Aplikasi Blynk

Selain pengendalian mode auto dan manual, parameter pengukuran kWh meter dapat dimonitor pada aplikasi Blynk tersebut seperti yang terlihat pada gambar 3.11.

Parameter yang terukur antara lain:

1. Tegangan;
2. Arus;
3. Daya aktif;
4. Daya reaktif;
5. Faktor daya;
6. Frekuensi;
7. Daya impor;



#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

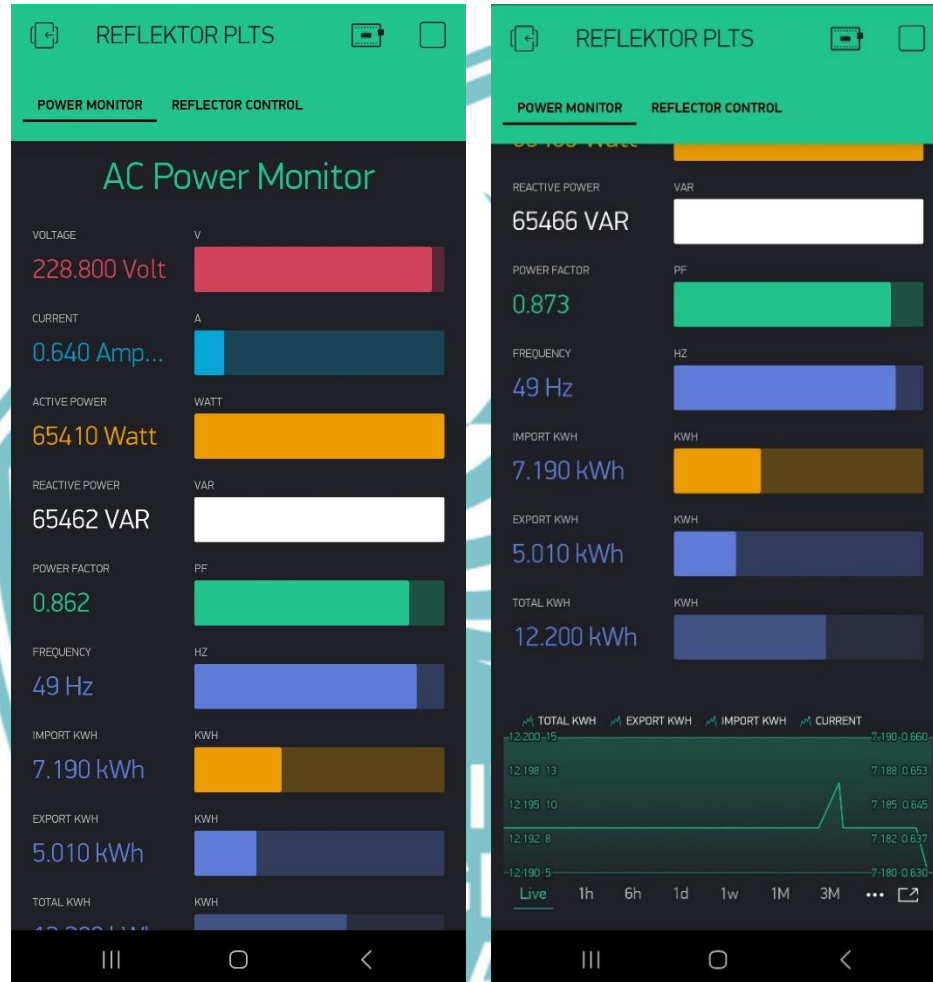




8. Daya ekspor; dan
9. Total daya

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 3.11. Tampilan Monitor Parameter Pengukuran kWh meter pada Aplikasi Blynk

## BAB IV PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Motor

Sistem kontrol otomatis penggerak reflektor pada panel surya terdiri dari tiga jenis pengujian, yaitu pengujian motor dc, pengujian sensor, dan pengujian deskripsi kerja.

#### 4.1.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja motor DC aktuator dalam menggerakkan mekanisme pergerakan reflektor panel surya selama beberapa detik dan mengukur panjang stroke yang dihasilkan oleh motor dalam beberapa kali percobaan. Panjang stroke merupakan jarak perpindahan atau pergerakan yang dilakukan oleh motor dalam satu siklus atau gerakan.

Pengujian ini menunjukkan kinerja motor untuk memastikan bahwa motor dapat berfungsi dengan baik dan konsisten di setiap kali pergerakan.

#### 4.1.2 Prosedur Pengujian

Berikut merupakan prosedur pengujian motor aktuator linear dc.

##### a) Persiapan

- 1) Siapkan motor DC aktuator yang akan diuji dan pastikan semua koneksi elektrik terhubung dengan benar.
- 2) Tentukan parameter yang akan diuji, seperti durasi pengujian (beberapa detik) dan jumlah percobaan.
- 3) Siapkan alat untuk mengukur panjang stroke, seperti meteran atau penggaris.

##### b) Pengujian Motor Aktuator

1. Nyalakan sistem kontrol atau sumber daya untuk motor DC aktuator.
2. Aktifkan motor DC selama beberapa detik sesuai dengan durasi yang ditentukan.
3. Catat hasil dari setiap pengujian, termasuk waktu aktiasi dan panjang stroke yang dihasilkan oleh motor pada setiap percobaan.





## c) Pengukuran Panjang Stroke

1. Setelah motor DC aktuator berhenti bergerak (selesai diaktifkan), mengukur panjang stroke atau perpindahan yang dihasilkan oleh motor. Catat hasil pengukuran panjang stroke untuk setiap percobaan.

#### 4.1.3 Data Hasil Pengujian

Berikut adalah data hasil pengujian selama lima kali percobaan dengan durasi pengujian dalam setiap beberapa detik:

Tabel 4.1. Data Pengujian Motor

NO	PERCOBAAN	WAKTU	DURASI WAKTU (S)	PANJANG STROKE (CM)	PERSENTASE (%)
1	1	10.50.00	2	1	3,34
	2	10.52.00	4	2,2	7,34
	3	10.54.00	6	3,6	12
	4	10.56.00	8	4,9	16,34
	5	10.58.00	9	5,1	17
2	1	10.50.00	2	1	3,34
	2	10.52.00	4	2,5	8,34
	3	10.54.00	6	3,5	11,67
	4	10.56.00	8	4,4	14,67
	5	10.58.00	9	5,2	17,34
3	1	10.50.00	2	1	3,34
	2	10.52.00	4	2	6,67
	3	10.54.00	6	3	10
	4	10.56.00	8	4,2	14
	5	10.58.00	9	5,4	18
4	1	10.50.00	2	1	3,34
	2	10.52.00	4	2	6,67
	3	10.54.00	6	3,3	11
	4	10.56.00	8	4,3	14,34
	5	10.58.00	9	5,3	17,67
5	1	10.50.00	2	1	3,34
	2	10.52.00	4	2	6,67
	3	10.54.00	6	3,2	10,67
	4	10.56.00	8	4,5	15
	5	10.58.00	9	5,3	17,67

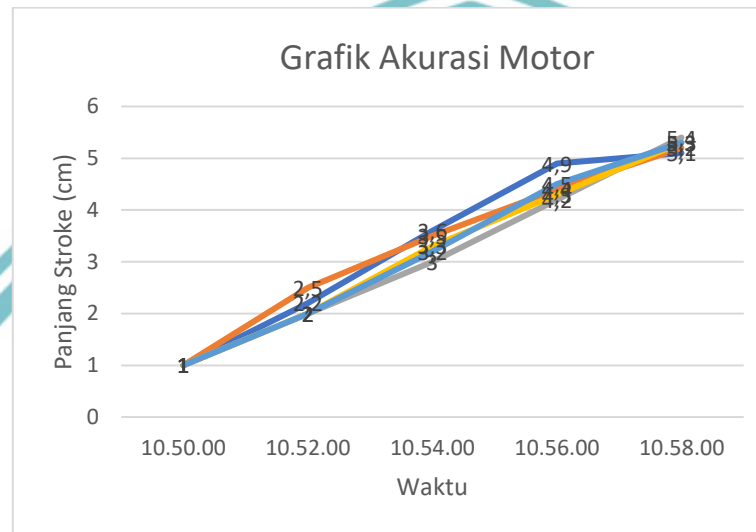
#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta


**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Data pada tabel 4.1 merupakan data pengujian motor yang diambil selama lima kali percobaan. Dari data tersebut dapat dilihat berapa panjang panjang stroke pada saat diukur selama 2 detik, 4 detik, 6 detik, 8 detik dan 9 detik.



Gambar 4.1. Grafik Akurasi Motor

Grafik diatas menggambarkan tingkat konsistensi angka pengukuran panjang stroke dalam lima kali percobaan pengambilan data. Dari gambar 4.1, dapat diketahui bahwa selama lima kali percobaan tersebut dengan toleransi pengukuran, panjang stroke dapat dikatakan stabil dan presisi.

#### 4.1.4 Analisis Data / Evaluasi

Dari data hasil pengujian, rata-rata panjang stroke yang dihasilkan oleh motor DC aktuator dapat dibandingkan dengan panjang stroke ideal, lalu diukur persentase keakuratan dari pergerakan linear stroke motor. Untuk menghitung nilai rata-rata panjang stroke, dapat menggunakan rumus pada persamaan 4.1.

$$\bar{X} = \frac{\text{panjang rata-rata stroke}}{\text{panjang stroke ideal}} \times 100 \% \quad (4.1)$$

Keterangan:

$$\bar{X} = \text{Rata-rata akurasi motor dc (\%)}$$



Tabel 4.2. Data Akurasi Motor Linear

N	WAKTU	DURASI WAKTU (S)	PANJANG STROKE RATA-RATA (CM)	PANJANG STROKE IDEAL (CM)	SELISIH PANJANG STROKE (CM)	AKURA SI (%)
1	10.50.00	2	1	1,25	0,25	80
2	10.52.00	4	2,04	2,5	0,46	81,6
3	10.54.00	6	3,36	3,75	0,39	89,6
4	10.56.00	8	4,46	5	0,54	89,2
5	10.58.00	9	5,5	5,62	0,12	97,86
						$\bar{X} = 87,652$

Dari data tabel 4.2, dapat diketahui panjang stroke ketika dilakukan perbandingan terhadap rata-rata panjang stroke selama pengujian. selisih panjang stroke pada pengujian panjang selama dua detik sebesar 0,25 cm, selisih panjang stroke pada pengujian panjang selama empat detik sebesar 0,46 cm, selisih panjang stroke pada pengujian panjang selama enam detik sebesar 0,39 cm, selisih panjang stroke pada pengujian panjang selama delapan detik sebesar 0,54 cm, dan selisih panjang stroke pada pengujian panjang selama sembilan detik sebesar 0,12 detik.

Dari data tersebut teruji bahwa motor linear memiliki rata-rata akurasi sebesar 87,652 %. Hal ini menjadi bukti bahwa motor tersebut memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan konsisten.

## 4.2 Pengujian Sensor

Pengujian sensor berkaitan tentang sensor RTC dan sensor LDR pada sistem. Sensor RTC harus memiliki tingkat akurasi waktu yang baik agar dapat menggerakkan alat sesuai dengan cara kerjanya dan sensor LDR harus memiliki tingkat sensitivitas yang tinggi agar mampu memastikan alat dapat bekerja sesuai dengan prinsip kerjanya.

### 4.2.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor RTC berfungsi dengan



#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

akurat dan presisi dimana dapat membaca waktu saat ini dengan baik. Sensor RTC harus mampu menampilkan waktu yang tepat sesuai dengan waktu sebenarnya dan tidak mengalami drifting atau kehilangan akurasi seiring berjalannya waktu. Sensor ini nantinya akan mengirimkan sinyal kepada mikrokontroler untuk dapat mengaktifkan motor dc agar dapat bekerja sesuai waktu yang sudah diatur.

#### 4.2.2 Prosedur Pengujian

Prosedur dalam pengujian sensor terdiri dari persiapan, pengujian akurasi, dan pengujian ketepatan baca waktu.

##### a) Persiapan

1. Siapkan sensor RTC, sensor LDR, dan mikrokontroler (seperti Arduino) yang akan digunakan untuk menghubungkan dan membaca waktu dari sensor RTC.
2. Pastikan sensor RTC dan sensor LDR telah disinkronisasi dengan waktu sebenarnya sebelum memulai pengujian.

##### b) Pengujian Akurasi

1. Baca waktu sebenarnya dari sumber waktu yang dapat diandalkan, seperti jam tangan atau jam dinding yang tepat.
2. Setel sensor RTC dengan waktu sebenarnya yang telah dibaca.
3. Biarkan sistem berjalan selama beberapa waktu, misalnya 24 jam.

##### c) Pengujian Ketepatan Baca Waktu

1. Selama periode pengujian, baca waktu dari sensor RTC pada interval yang ditentukan (setiap 40 menit dari jam 10:00 sampai jam 14:00).
2. Catat waktu yang ditampilkan oleh sensor RTC.

##### d) Pengujian Sensitivitas sensor LDR

1. Posisikan sensor pada tempat yang sudah disiapkan.
2. Jalankan sistem selama 24 jam. Jika sistem berjalan tanpa kendala maka sensor bekerja dengan baik.
3. Pengujian manual juga dapat dilakukan dengan memposisikan telapak tangan hingga menutupi sensor LDR, ulangi beberapa kali. Jika lampu indikator pada



#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





sensor mati saat posisi tangan menutupi sensor, maka sensor bekerja dengan baik.

#### 4.2.3 Data Hasil Pengujian

Berikut adalah data hasil pengujian selama lima kali percobaan:

Tabel 4.3. Data Pengujian Sensor RTC

NO	WAKTU RTC	WAKTU SEBENARNYA	SELISIH WAKTU (DETIK)	SUDUT REFLEKTOR (°)
1	10.40.00	10.40.31	31	90
2	11.20.00	11.20.31	31	100
3	12.00.00	12.00.31	31	110
4	12.40.00	12.40.31	31	120
5	13.20.00	13.20.31	31	130
6	14.00.00	14.00.31	31	140

Tabel 4.3 menggambarkan kinerja sensor RTC pada setiap percobaan stabil. Hal ini dibuktikan oleh selisih waktu antara waktu pada sensor RTC dan waktu sebenarnya yang selalu sama yaitu 31 detik. Selisih waktu ini terjadi karena adanya proses upload program kedalam mikrokontroler. Semakin cepat proses upload yang dilakukan maka akan semakin kecil waktu selisih antara waktu sensor RTC dan waktu sebenarnya.

#### 4.2.4 Analisis Data / Evaluasi

##### a. Pengujian Akurasi:

Untuk mengevaluasi akurasi sensor RTC, bandingkan waktu yang ditampilkan oleh sensor RTC dengan waktu sebenarnya yang Anda gunakan sebagai referensi. Perhatikan apakah ada perbedaan signifikan antara waktu sebenarnya dan waktu yang ditampilkan oleh sensor RTC.

Hitung selisih waktu antara sensor RTC dan waktu sebenarnya pada akhir periode pengujian. Jika selisihnya masih dalam toleransi yang dapat diterima, maka sensor RTC dapat dianggap akurat.

##### b. Pengujian Ketepatan Baca Waktu:

Perhatikan waktu yang ditampilkan oleh sensor RTC pada setiap interval

pengujian. Pastikan bahwa waktu yang ditampilkan konsisten dan sesuai dengan waktu sebenarnya pada saat pengujian dilakukan.

Hitung selisih waktu antara waktu sebenarnya dan waktu yang ditampilkan oleh sensor RTC pada setiap interval. Selisih ini harus minimal atau mendekati nol untuk menunjukkan bahwa sensor RTC dapat membaca waktu dengan baik.

### 4.3 Pengujian Deskripsi Kerja

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat dapat bekerja sesuai dengan deskripsi kerja.

#### 4.3.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sistem kontrol otomatis dengan sensor RTC dan LDR berfungsi dengan baik dan sesuai dengan situasi dan waktu yang telah diatur. Pengujian akan menguji pengaturan waktu RTC, respons relay terhadap waktu dan kondisi sensor LDR, serta kemampuan sistem untuk beroperasi dalam mode operasi dan mode standby.

#### 4.3.2 Prosedur Pengujian

a. Persiapan:

1. Pastikan semua komponen dan koneksi sistem telah dipasang dengan benar.
2. Hubungkan mikrokontroler dengan komputer melalui serial communication dengan kecepatan 115200.
3. Pastikan relay, RTC (DS3231), dan sensor LDR telah diatur sesuai dengan kebutuhan sistem.
4. Setel waktu RTC dengan waktu saat ini untuk memastikan waktu yang akurat.

b. Pengujian Fungsi RTC:

1. Jalankan sistem dan periksa apakah waktu RTC yang ditampilkan di serial monitor sesuai dengan waktu saat ini.
2. Amati selama beberapa waktu (misalnya 1 jam) dan pastikan waktu RTC tetap akurat dan tidak mengalami drifting.

c. Pengujian Respons Relay Mode Operasi dan Standby:



#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





1. Ubah intensitas cahaya di sekitar sensor LDR dan perhatikan apakah sistem berpindah antara Mode Operasi dan Mode Standby dengan benar.
2. Pastikan relay channel 1 dan relay channel 2 diaktifkan dan dinonaktifkan sesuai dengan kondisi sensor LDR.

d. Pengujian Pengendalian Relay Berdasarkan Waktu:

Atur waktu tertentu untuk menghidupkan dan mematikan relay channel 1 dan relay channel 2, lalu perhatikan apakah relay dihidupkan dan dimatikan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

### 4.3.3 Data Hasil Pengujian

Berikut adalah data hasil pengujian deskripsi kerja:

Tabel 4.4. Data Pengujian Deskripsi Kerja

Pengujian	No	Waktu RTC	Waktu Sebenarnya	Selisih Waktu (detik)	Kondisi LDR	Status Relay
1	1	10.00.00	09.59.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	2	10.20.00	10.19.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	3	10.40.00	10.39.31	29	On	Relay 1 On
	4	11.00.00	10.59.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	5	11.20.00	11.19.31	29	On	Relay 1 On
	6	11.40.00	11.39.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	7	12.00.00	11.59.31	29	On	Relay 1 On
	8	12.20.00	12.19.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	9	12.40.00	12.39.31	29	On	Relay 1 On
	10	13.00.00	12.59.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	11	13.20.00	13.19.31	29	On	Relay 1 On
	12	13.40.00	13.39.31	29	On	Relay 1 & 2 Off

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

	13	14.00.00	13.59.31	29	On	Relay 1 On
	14	14.20.00	14.19.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	15	14.40.00	14.39.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	16	15.00.00	14.59.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	17	15.20.00	15.19.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	18	15.40.00	15.39.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	19	16.00.00	15.59.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	20	16.20.00	16.19.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	21	16.40.00	16.39.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	22	17.00.00	16.59.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	23	17.20.00	17.19.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	24	17.40.00	17.39.31	29	On	Relay 1 & 2 Off
	25	18.00.00	17.59.31	29	Off	Relay 2 On
	26	18.20.00	18.19.31	29	Off	Relay 1 & 2 Off
	27	18.40.00	18.39.31	29	Off	Relay 1 & 2 Off
	28	19.00.00	18.59.31	29	Off	Relay 1 & 2 Off
	29	19.20.00	19.19.31	29	Off	Relay 1 & 2 Off
	30	19.40.00	19.39.31	29	Off	Relay 1 & 2 Off
2	1	10.00.00	10.01.13	73	On	Relay 1 & 2

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

					Off
2	10.20.00	10.21.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
3	10.40.00	10.41.13	73	On	Relay 1 On
4	11.00.00	11.01.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
5	11.20.00	11.21.13	73	On	Relay 1 On
6	11.40.00	11.41.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
7	12.00.00	12.01.13	73	On	Relay 1 On
8	12.20.00	12.21.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
9	12.40.00	12.41.13	73	On	Relay 1 On
10	13.00.00	13.01.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
11	13.20.00	13.21.13	73	On	Relay 1 On
12	13.40.00	13.41.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
13	14.00.00	14.01.13	73	On	Relay 1 On
14	14.20.00	14.21.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
15	14.40.00	14.41.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
16	15.00.00	15.01.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
17	15.20.00	15.21.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
18	15.40.00	15.41.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
19	16.00.00	16.01.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
20	16.20.00	16.21.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
21	16.40.00	16.41.13	73	On	Relay 1 & 2 Off



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

22	17.00.00	17.01.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
23	17.20.00	17.21.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
24	17.40.00	17.41.13	73	On	Relay 1 & 2 Off
25	18.00.00	18.01.13	73	Off	Relay 2 On
26	18.20.00	18.21.13	73	Off	Relay 1 & 2 Off
27	18.40.00	18.41.13	73	Off	Relay 1 & 2 Off
28	19.00.00	19.01.13	73	Off	Relay 1 & 2 Off
29	19.20.00	19.21.13	73	Off	Relay 1 & 2 Off
30	19.40.00	19.41.13	73	Off	Relay 1 & 2 Off

Tabel 4.4 menggambarkan bagaimana sistem bekerja sesuai dengan deskripsi kerja. Terdapat dua kali percobaan yang dilakukan yang mana pada percobaan pertama dilakukan proses upload program dan terjadi selisih waktu antara sensor RTC dan waktu sebenarnya selama 29 detik, sedangkan pada percobaan kedua dilakukan proses upload program dan terjadi selisih waktu antara sensor RTC dan waktu sebenarnya selama 73 detik.

Dari data tersebut juga dapat diketahui bagaimana kondisi sensor LDR dan status relay pada jam-jam tertentu. Tabel ini juga membuktikan bahwa pada jam-jam yang sudah diatur seperti tabel 3.4 kondisi sensor dan status relay akan hidup dan mati.

#### 4.3.4 Analisis Data / Evaluasi

##### a. Pengujian Fungsi RTC:

Waktu RTC tetap akurat dan tidak mengalami drifting selama pengujian, dengan demikian sensor RTC berfungsi dengan baik dan dapat diandalkan untuk menampilkan waktu yang tepat.





b. Pengujian Respons Relay Berdasarkan Kondisi Cahaya Lingkungan dan Waktu:

Sistem dapat bekerja dengan memindahkan posisi sudut reflektor dari posisi awal ke posisi berikutnya berdasarkan trigger dari sensor LDR dan settingan waktu dari sensor RTC, dan relay diaktifkan dan dinonaktifkan sesuai dengan kondisi sensor LDR dan sensor RTC, dengan demikian sistem dapat dianggap berfungsi dengan baik dalam merespon lingkungan sekitar.

Hasil pengujian dan analisis data tersebut menunjukkan bahwa sistem kontrol otomatis dengan sensor RTC dan LDR berfungsi dengan baik dan sesuai dengan kondisi lingkungan dan waktu yang telah diatur. Hal tersebut terbukti saat relay mampu mengaktifkan motor sesuai perintah dan sistem dapat berjalan dengan loop atau mengulangi operasi sesudah dengan deskripsi kerja.

#### 4.4 Pengujian Hubungan Sudut dan Keluaran PV

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan pengaturan sudut reflektor dan keluaran PV.

Tabel 4.5. Tabel Hubungan Sudut Reflektor dan Keluaran PV Sudut 90-100 Derajat

n o.	waktu	tegangan	arus	daya	tegangan <sup>2</sup>	arus <sup>2</sup>	daya <sup>2</sup>	lux	irradiasi	pf	energi total	energi impor	energi ekspor	derajat
1	11.00	25,1	7,6	190,76	226	0,6	135,6	840,00	680	0,752	7,1	4	3,1	90
2	11.05	25,08	7,5	188,1	225	0,5	112,5	797,00	704	0,6	7,1	4	3,1	90
3	11.10	24,89	7	174,23	226	0,5	113	830,00	540	0,64	7,1	4	3,1	90
4	11.15	25,12	6,8	170,816	226	0,5	113	941,00	750	0,7	7,1	4	3,1	90
6	11.25	25,18	6,4	161,152	226	0,5	101,7	786,00	627	0,496	7,1	4	3,1	100
5	11.20	25,17	6,4	161,088	226	0,5	113	878,00	534	0,6	7,1	4	3,1	100
1	11.50	27	4,2	113,4	225	0,6	148,5	647,00	400	0,252	7,1	4	3,1	100
1	11.55	27,11	4	108,44	226	0,6	142,38	512,00	400	0,402	7,1	4	3,1	100
8	11.35	25,79	4,1	105,739	225	0,3	76,5	752,00	541	0,072	7,1	4	3,1	100
7	11.30	24,07	4,2	101,094	226	0,3	76,8	771,00	529	0,18	7,1	4	3,1	100
1	11.45	26,13	3,8	99,294	225	0,7	157,5	731,00	620	0,367	7,1	4	3,1	100
9	11.40	25,11	3,7	92,907	225	0,5	112,5	752,00	337	0,082	7,1	4	3,1	100

#### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.6. Tabel Hubungan Sudut Reflektor dan Keluaran PV Sudut 110-120 Derajat

n o.	waktu	tegangan	arus	daya	tegangan <sup>2</sup>	arus <sup>2</sup>	daya <sup>2</sup>	lux	irradiasi	pf	energi total	energi impor	energi ekspor	derajat
1	12.05	27,55	4,1	112,955	227	0,54	122,58	91100	874	0,145	7,1	4	3,1	110
2	12.10	25,57	4,5	115,065	226	0,75	169,5	92800	902	0,316	7,1	4	3,1	110
3	12.15	25,01	4,6	115,046	226	0,88	198,88	92800	858	0,389	7,1	4	3,1	110
4	12.20	27,69	4,4	121,836	226	0,88	180,8	92800	901	0,229	7,1	4	3,1	110
5	12.25	28,11	5,1	143,361	227	0,87	197,49	108300	854	0,33	7,1	4	3,1	110
6	12.30	27,23	5,7	155,211	227	0,7	158,9	115300	940	0,09	7,1	4	3,1	110
7	12.35	26,53	6,4	169,792	227	0,79	158,9	113500	932	0,047	7,1	4	3,1	110
8	12.40	27,68	7,7	213,136	227	1	227	124500	963	0,059	7,1	4	3,1	110
9	12.45	24,66	11,4	281,124	227	1,1	249,7	118700	960	0,184	7,2	4	3,2	120
10	12.50	24,4	11	268,4	228	1	228	120400	958	0,4	7,2	4	3,2	120
11	12.55	24,65	11,2	276,08	228	1	228	119300	945	0,368	7,2	4	3,2	120
12	13.00	24,5	11,5	281,75	227	1	227	110300	915	0,441	7,2	4	3,2	120

Berdasarkan tabel 4.5 dan 4.6, dapat dilihat bagaimana hubungan sudut reflektor terhadap keluaran PV untuk beberapa parameter seperti berikut.

1. Tegangan
2. Arus
3. Daya
4. Intensitas cahaya
5. Faktor daya
6. Energi impor
7. Energi ekspor
8. Energi total (impor + ekspor)

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta