

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu bentuk energi tidak terbatas atau *non konvensional* adalah energi yang dihasilkan dari cahaya matahari. Energi tersebut merupakan sumber alternatif yang dapat dirubah menjadi energi listrik yang ramah lingkungan yang diolah menggunakan panel *solar cell* yang sudah banyak dijumpai dalam kehidupan. *Solar cell* yang terpasang kebanyakan bersifat statis atau ditempatkan melekat pada salah satu bagian bangunan yang memungkinkan menerima cahaya seperti pada atap rumah atau dinding bangunan. Hal ini mengakibatkan penyerapan energi matahari oleh *solar cell* optimal pada jam tertentu saja. Agar penyerapan energi matahari dapat diterima lebih optimal, maka dibutuhkan sistem yang selalu mengikuti arah matahari yang disebut *solar tracking system*. *Solar tracker* adalah alat penggerak *solar cell* yang dibuat secara otomatis bergerak pada sudut 0° - 180° dan sebaliknya. Dimana kerja penggerak tersebut dilakukan oleh motor dan sensor yang berfungsi untuk melacak penerimaan energi matahari oleh *solar cell*.

Permasalahan yang ada sekarang ini adalah *solar cell* yang terpasang kebanyakan masih bersifat statis dan menyebabkan penerimaan energi matahari tidak optimal, sehingga mendorong penulis untuk merancang suatu alat yang dapat membantu kapasitas penyerapan sinar matahari dengan menggunakan *alat penjejak matahari* otomatis untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang bersifat dinamis dengan menggunakan panel surya yang mampu mengikuti arah datangnya sinar matahari menggunakan sensor LDR dengan *microcontroller* STM32. Pada perancangan ini menggunakan satu sumbu (*single axis*) dengan mengikuti arah lintas matahari dari timur ke barat. Berdasarkan uraian diatas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT PENJEJAK MATAHARI OTOMATIS BERBASIS STM32”.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan pada Tugas Akhir ini, ada beberapa masalah yang perlu dirumuskan :

1. Bagaimana cara mengendalikan alat penjejak matahari untuk mengarahkan panel surya (solar panel) mengikuti pergerakan matahari secara otomatis.
2. Bagaimana merancang dan membuat alat penjejak matahari pada panel surya berbasis STM32.

1.3. Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah untuk merancang sebuah sistem kendali penjejak sinar matahari otomatis dengan target untuk memaksimalkan penyerapan energi cahaya matahari.

1.4. Manfaat

Manfaat dari penelitian adalah menghasilkan sebuah konsep untuk memaksimalkan penyerapan energi cahaya matahari sehingga meningkatkan efisiensi dari sebuah panel matahari dengan ruang dan ukuran daya tertentu.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Rangkaian kontrol menggunakan mikrokontroler tipe STM32 dengan ADC 12 bit.
2. Menggunakan baterai sebagai media penyimpanan energi listrik.
3. Menggunakan panel surya 20 WP sebagai simulasi alat penjejak matahari.
4. Sistem penjejak bekerja pada satu sumbu yaitu dari arah timur ke barat.

1.6. Metode Penelitian

Metode penulisan yang akan dilakukan adalah dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi pustaka ini dilakukan untuk menambah pengetahuan penulis untuk mencari referensi bahan dan teori-teori berupa buku, data dari internet (referensi yang

menyangkut tentang Pembangkit listrik tenaga surya dan sistem *alat penjejak matahari otomatis*).

2. Perancangan Sistem

Merancang panel surya otomatis dengan *penjejak matahari otomatis* menggunakan mikrokontroler STM32 sebagai pengendali sistem *penjejak matahari otomatis*.

3. Pengujian Alat di Laboratorium

Pengujian dan analisa dilakukan untuk memperoleh data dari beberapa bagian perangkat keras maupun perangkat lunak, sehingga bisa diketahui apakah sudah dapat bekerja dengan stabil sesuai yang diinginkan. Kemudian pengujian sistem juga dilakukan untuk mengetahui kinerja komponen yang digunakan untuk menggerakkan panel surya.

1.7. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah tugas akhir ini, sistematika yang digunakan adalah dengan membagi kerangka dalam bab dan sub bab dengan maksud agar mudah di mengerti. Sistematika masing-masing bab adalah berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini mencakup latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang dasar-dasar teori mengenai peralatan baik *software* maupun *hardware* yang diperlukan untuk perancangan alat.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang tahapan, pengumpulan data, bahan-bahan penelitian, dan pengujian masing-masing sistem.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Bab ini membahas tentang uraian pengujian alat dan analisis terhadap hasil perancangan alat dan pengujian kinerja alat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Menyimpulkan hasil-hasil yang di dapat dari penelitian dan memberikan saran untuk lebih lanjut.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Sel Surya

Panel surya adalah sebuah sistem yang dapat digunakan untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip yang disebut efek photovoltaic. Energi listrik yang dihasilkan akan disimpan ke dalam sebuah baterai, kemudian digunakan untuk mengoperasikan perangkat elektronik sesuai kebutuhan listriknya. Ketika memproduksi panel surya, produsen harus memastikan bahwa sel-sel surya saling terhubung secara elektrik antara satu dengan yang lain pada sistem tersebut. Sel surya juga perlu dilindungi dari kelembaban dan kerusakan mekanis karena hal ini dapat merusak efisiensi panel surya secara signifikan, dan menurunkan masa pakai dari yang diharapkan. Sel surya biasanya memiliki umur 20 tahun yang biasanya dalam jangka waktu tersebut pemilik panel surya tidak akan mengalami penurunan efisiensi yang signifikan. Namun, meskipun dengan kemajuan teknologi mutakhir, sebagian besar panel surya komersial saat ini hanya mencapai efisiensi 15% dan hal ini tentunya merupakan salah satu alasan utama mengapa industri energi surya masih tidak dapat bersaing dengan bahan bakar fosil. Panel surya komersial sangat jarang yang melampaui efisiensi 20%.



Gambar 2.1. *Panel Surya.*

2.1.1. Cara Kerja Sel Surya

Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron

(muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor.

Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan hole bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang.

2.1.2. Jenis Panel Sel Surya

a. Polycrystalline

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak, karena di pabrikan dengan proses pengecoran. Tipe polycrystalline memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monocrystalline untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.

b. Monocrystalline

Merupakan panel surya yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahayanya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

c. Thin Film Photovoltaic

Merupakan Panel Surya (dua lapisan) dengan struktur lapisan tipis mikrokrystal-silicon dan *amorphous* dengan efisiensi modul hingga 8.5% sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokrystal & polykrystal.

Inovasi terbaru adalah Thin Film TripleJunctionPhotovoltaic (dengan tiga lapisan) dapat berfungsi sangat efisien dalam udara yang sangat berawan dan dapat menghasilkan daya listrik sampai 45% lebih tinggi dari panel jenis lain dengan daya yang ditera setara.

2.2. Komponen-Komponen Pada Sistem

Dalam perancangan panel surya dengan *alat penjejak matahari otomatis*, terdapat beberapa komponen pendukung agar sistemnya dapat bekerja dengan baik. Berikut adalah komponen-komponennya.

2.2.1. Baterai

Baterai merupakan sebuah peralatan yang dapat mengubah energi kimia menjadi energilistrik dan sebaliknya. Baterai listrik adalah alat yang terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Tiap sel memiliki kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda). Kutub yang bertanda positif menandakan bahwa memiliki energi potensial yang lebih tinggi daripada kutub bertanda negatif. Kutub bertanda negatif adalah sumber elektron yang ketika disambungkan dengan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan energi ke peralatan eksternal. Ketika baterai dihubungkan dengan rangkaian eksternal, elektrolit dapat berpindah sebagai ion didalamnya, sehingga terjadi reaksi kimia pada kedua kutubnya. Perpindahan ion dalam baterai akan mengalirkan arus listrik keluar dari baterai sehingga menghasilkan kerja. Meski sebutan baterai secara teknis adalah alat dengan beberapa sel, sel tunggal juga umumnya disebut baterai. Baterai untuk *solar cell* sendiri mempunyai dua tujuan penting dalam sistem *photovoltaic* : pertama adalah untuk memberikan daya listrik kepada sistem ketika daya tidak disediakan oleh *array* panel-panel surya, kedua adalah untuk menyimpan kelebihan daya yang ditimbulkan oleh panel-panel setiap kali daya itu melebihi beban.

Beberapa jenis sel baterai hanya dapat dipergunakan sekali, tanpa dapat diisi kembali. Baterai ini disebut baterai primer, seperti baterai padat yang dipergunakan untuk lampu senter, radio (misal batu baterai ABC). Sedangkan jenis lainnya adalah baterai sekunder, baterai yang dapat di isi ulang. Seperti baterai mobil, baterai sistem *photovoltaic*, baterai telepon genggam. yang banyak dipergunakan adalah:

- Baterai timah hitam-asam sulfat (*lead-acid battery*)

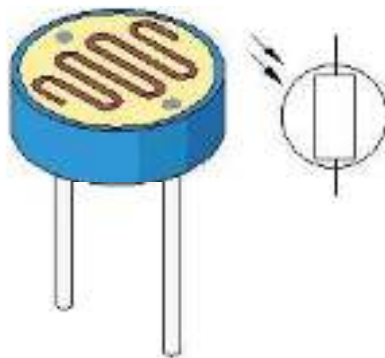
- Baterai nikel-kadmium. Kedua jenis baterai itu menggunakan elektrode maupun elektrolit yang berbeda.



Gambar 2.2. Baterai

2.2.2. LDR (Light Dependent Resistor)

Sensor LDR (Light Dependent Resistor) adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya. Besarnya nilai hambatan pada Sensor Cahaya LDR (Light Dependent Resistor) tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. LDR sering disebut dengan alat atau sensor yang berupa resistor yang peka terhadap cahaya. Biasanya LDR terbuat dari cadmium sulfida yaitu merupakan bahan semikonduktor yang resistansinya berubah-ubah menurut banyaknya cahaya (sinar) yang mengenainya. Sensor Cahaya LDR (Light Dependent Resistor) adalah suatu bentuk komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. Karakteristik LDR terdiri dari dua macam yaitu Laju Recovery dan Respon Simbol LDR dapat dilihat seperti pada gambar berikut.

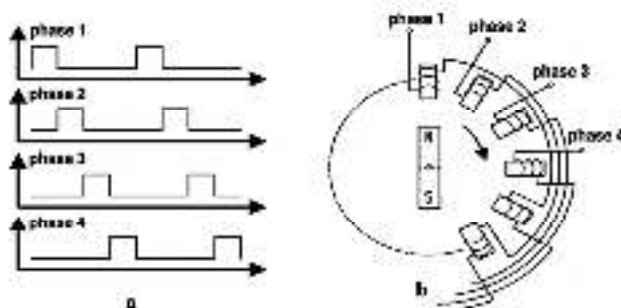


Gambar 2.3. Gambar Sensor LDR

Prinsip Kerja Sensor LDR (Light Dependent Resistor) resistansi sensor LDR (Light Dependent Resistor) akan berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya atau yang ada disekitarnya. Dalam keadaan gelap resistansi LDR sekitar $10M\Omega$ dan dalam keadaan terang sebesarnya $1K\Omega$ atau kurang. LDR terbuat dari bahan semikonduktor seperti kadmium sulfida. Dengan bahan ini energi dari cahaya yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang dilepas atau arus listrik meningkat. Artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan. Dalam PLTS, LDR dapat dimanfaatkan untuk mengarahkan posisi panel surya tegak terhadap matahari. Sehingga energi yang dikonversi panel surya maksimal. Ketika LDR mendapatkan cahaya yang kurang maka secara otomatis panel surya akan bergerak ke arah sumber cahaya dan Ketika LDR mendapatkan cahaya yang maksimal maka panel surya akan mempertahankan kondisi tersebut.

2.2.3. Motor stepper

Motor stepper adalah perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan mekanis diskrit. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Karena itu, untuk menggerakkan motor stepper diperlukan



pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Pengguna motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Penggunaan motor stepper memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan penggunaan motor DC biasa.

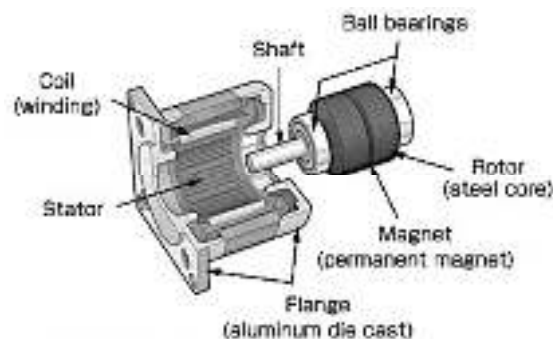
Gambar 2.4. (a) Bentuk Pulsa Keluaran Dari Pengendali Motor Stepper, (b) Penerapan Pulsa Pengendali Pada Motor Stepper Dan Arah Putaran Bersesuaian

Keunggulan motor stepper dibandingkan dengan motor DC biasa adalah :

- 1) Sudut rotasi motor proporsional dengan pulsa masukan sehingga lebih mudah diatur.

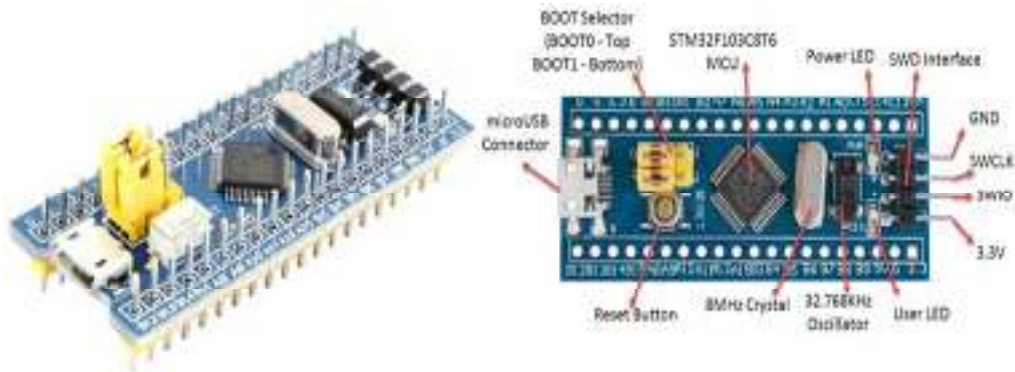
- 2) Motor dapat langsung memberikan torsi penuh pada saat mulai bergerak
- 3) Posisi dan pergerakan repetisinya dapat ditentukan secara presisi
- 4) Memiliki respon yang sangat baik terhadap mulai, stop dan berbalik (perputaran)
- 5) Sangat realibel karena tidak adanya sikat yang bersentuhan dengan rotor seperti pada motor DC
- 6) Dapat menghasilkan perputaran yang lambat sehingga beban dapat dikopel langsung ke porosnya
- 7) Frekuensi perputaran dapat ditentukan secara bebas dan mudah pada range yang luas.

Gambar 2.5. Struktur Motor Stepper



2.2.4. Mikrokontroler STM32

STM32 adalah keluarga dari 32-bit sirkuit terpadu mikrokontroler oleh STMicroelectronics, juga punya clock yang ngebut : 72 MHz. Chip STM32 dikelompokkan ke dalam seri terkait yang berbasis di sekitar inti prosesor ARM 32-bit yang sama, seperti Cortex-M7F ,Cortex-M4F , Cortex-M3 , Cortex-M0 + , atau CortexM0 . Secara internal, setiap mikrokontroler terdiri dari inti prosesor, memori RAM statis , memori flash, antarmuka debugging, dan berbagai perifer. Microcontroller STM32 dikemas dalam sebuah *development board*. Dari bentuk ukurannya kecil, seukuran Arduino Nano, tetapi kinerjanya lebih unggul dibandingkan Arduino. Nama lain dari modul ini adalah *blue pill*. Mikrokontroler STM32F103C8T6 dilengkapi dengan pin GPIO, prosesor, memori, port USB, Konverter Analogke Digital , dan perifer lainnya. ARMCortex Core dengan kecepatan luar biasa 72 MHz dan efisiensi daya yang luar biasa. STM32F103C8T6 Blue Pill Development Board berisi inti ARM Cortex-M3 RISC 32-bit dengan osilator internal 4 -16 MHz. Ini adalah chip teknologi flash CMOS. Chip ini memiliki 37 pin GPIO dan 10 pin Analog. Ini memiliki beberapa antarmuka komunikasi modern seperti CAN dan port USB.

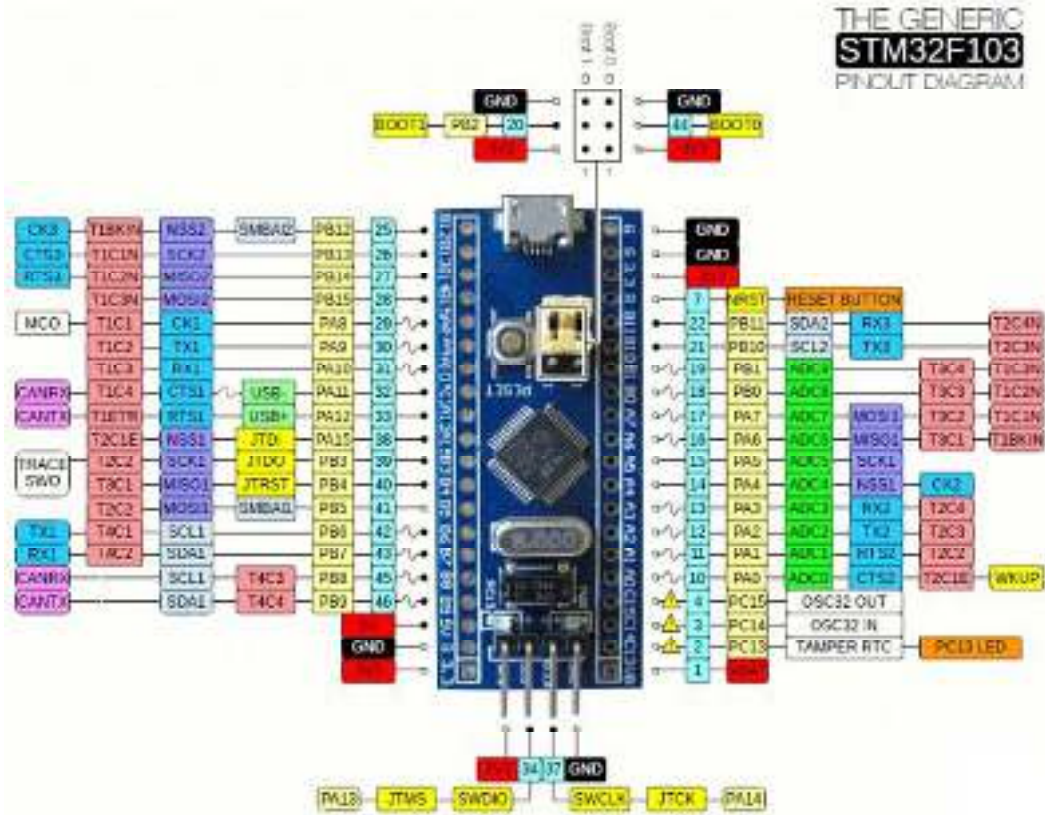


Gambar 2.6. Modul STM32

Spesifikasi

- Model : STM32F103C8T6
- Core : ARM32 Cortex-M3 CPU
- Clock : 72 MHz
- Memory : 64K Flash + 20K SRAM
- GPIO : 32 pin
- ADC : 10 channel dengan resolusi 12-bit
- PWM : 15 pin
- Koneksi : USART, USB, SPI, I2C, CAN BUS
- Jumlah Pin : 47 pin
- SRAM : 20 kiloByte
- Debug Kabel Serial : 1
- Memory Flash : 64/128 KiloByte
- Suhu Operasional : -40 ° C – 105 ° C
- Osilator Internal : 4-16 MHz
- Konektor USB : Mikro

Selain itu juga terdapat LED *built in* (sudah nempel di board) yang terhubung dengan pin PC13, biasanya dipakai untuk mencoba program.



Gambar 2.7. Konfigurasi Pin Minimum Sistem STM32.

2.2.5. Transistor

Transistor adalah komponen semi konduktor yang memiliki banyak fungsi seperti penguat, pemutus, penyambung, stabilitas tegangan, dan modulasi sinyal. Komponen ini banyak digunakan dalam rangkaian-rangkaian elektronika.

Fungsi transistor

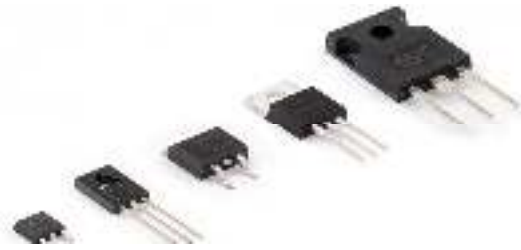
Transistor memiliki dua fungsi utama yaitu sebagai saklar elektronik dan penguat arus.

- Sebagai Saklar Elektronik

Transistor dapat digunakan sebagai saklar. Sebab, transistor dapat mengatur bias dari satu transistor ke transistor lainnya. Sehingga didapatkan hubungan singkat antar kaki konektor dengan emitor.

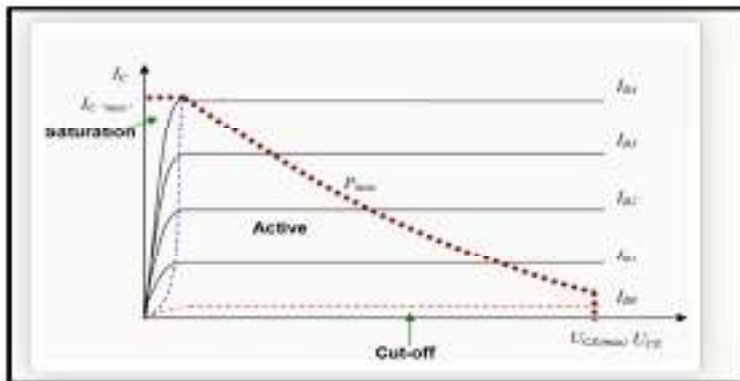
- Sebagai penguat Arus

Agar bisa digunakan sebagai penguat arus, transistor harus dibiarkan tegangan nya pada basis secara konstan. Ini dilakukan agar emitor keluar dengan tegangan yang tetap.



Gambar 2.8. Transistor

Karakteristik Transistor



Gambar 2.9.karakteristik transistor

Penggunaan fungsi dari sebuah transistor dapat dengan memanfaatkan karakteristik dari masing-masing daerah kerja sebuah transistor. Selain itu, dengan karakteristik transistor juga bisa digunakan untuk menganalisa arus dan tegangan transistor.

Karakteristik dari masing-masing daerah operasi transistor diringkas seperti berikut:

1. Daerah potong atau cutoff

Dioda emiter diberi prategangan mundur yang mengakibatkan tidak terjadi pergerakan elektro yang menjadi arus Basis, $I_B = 0$. Serta arus pada Kolektor, $I_C = 0$ atau bisa juga disebut I_{CEO} (Arus Kolektor ke Emiter dengan harga arus Basis yaitu 0).

2. Daerah Saturasi

Pada daerah ini Dioda Emiter diberi prategangan maju yang menyebabkan arus Kolektor, I_C akan meraih harga maksimum, dengan tidak bergantung pada arus Basis, I_B , dan β_{dc} . Hal tersebut membuat Transistor menjadi komponen yang tidak bisa dikontrol. Maka dari itu, untuk menjauhkan daerah ini, Dioda Kolektor wajib diberi prategangan mundur dengan tegangan yang melebihi $V_C(sat)$, atau yang bisa disebut tegangan yang mengakibatkan Dioda Kolektor saturasi.

3. Daerah Aktif

Pada daerah ini Dioda Emiter diberi prategangan maju sementara Dioda Kolektor diberi prategangan mundur yang akan mengakibatkan sifat-sifat sebagai berikut.

$$I_E = I_C + I_B$$

$$\beta_{dc} = \frac{I_C}{I_B}$$

$$I_C = \beta_{dc} I_B$$

atau

$$\alpha_{dc} = \frac{I_C}{I_E}$$

atau

$$I_C = \alpha_{dc} I_E$$

Atau

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, transistor menjadi komponen yang dapat dikontrol.

4. Daerah Breakdown

Sementara pada daerah ini, Dioda Kolektor mempunyai prategangan mundur yang melebihi tegangannya Breakdown yang mana tegangan Kolektor ke Emiter ketika Arus Basis adalah nol. Hingga arus Kolektor, I_C , melebihi cara dibolehkan. Serta transistor bisa menjadi rusak.

Jenis-jenis Transistor

- Transistor bipolar

Transistor bipolar adalah transistor yang membutuhkan elektron dikutub negatif untuk mengisi kekurangan elektron dikutub positif. Berdasarkan susunannya, transistor bipolar dibagi menjadi 2 jenis yaitu transistor NPN dan PNP.

- Transistor efek Medan

Transistor efek medan adalah jenis transistor yang menggunakan listrik sebagai pengendali konduktivitasnya. Tegangan listrik yang diberikan terminal Gate (G) digunakan untuk mengendalikan aliran arus dan tegangan pada terminal Drain (D) ketterminal Source (S).

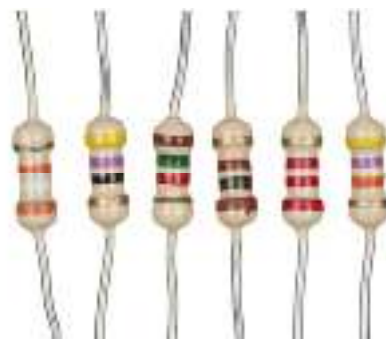
Cara kerja Transistor

Transistor termasuk kedalam perangkat non-linier, sehingga ia mempunyai 4 mode operasi yang berbeda. Berikut cara kerja atau mode operasi transistor :

- Saturasi : kondisi saat transistor bertindak sebagai short circuit sehingga arus mengalir bebas dari kolektor ke emitor.
- Cut-off : kondisi saat transistor bertindak sebagai open circuit, sehingga tidak ada arus mengalir dari kolektor ke emitor.
- Active (forward-Active) : arus yang mengalir dari kolektor ke emitor berbanding lurus dengan arus yang mengalir ke basis.
- Reverse-Active : pada mode ini arus yang mengalir sebanding dengan arus basis, tetapi mengalir secara terbalik sehingga arus mengalir dari emitor ke kolektor.

2.2.6. Resistor

Resistor merupakan suatu komponen elektronik yang memiliki 2 pin dan di design untuk mengatur tegangan listrik dan arus listrik yang paling sering ditemukan dalam Rangkaian Elektronika. Pada dasarnya resistor adalah komponen Elektronika Pasif yang memiliki nilai resistensi atau hambatan tertentu yang berfungsi untuk mengatasi dan mengatur arus listrik dalam suatu Rangkaian Elektronika. Dalam membatasi dan mengatur arus listrik dalam suatu Rangkaian Elektronika, resistor bekerja berdasarkan Hukum Ohm.



Gambar 2.10. Resistor

Fungsi Resistor :

- Sebagai alat untuk menahan sebagian arus listrik agar sesuai dengan kebutuhan suatu rangkaian elektronika.

- Sebagai pengatur dalam membatasi jumlah arus yang mengalir dalam suatu rangkaian.
- Sebagai alat untuk membagi arus.
- Sebagai alat untuk menurunkan tegangan sesuai dengan yang dibutuhkan oleh rangkaian elektronika.
- Sebagai alat untuk membagi tegangan
- Sebagai alat untuk membangkitkan frekuensi tinggi dan frekuensi rendah dengan bantuan transistor dan kondensator (Kapasitor).

Cara kerja Resistor

Cara kerja resistor yaitu menghambat arus yang mengalir dari ujung kutub yang satu ke ujung kutub yang lain dengan nilai hambatan bervariasi sesuai yang tertera pada resistor tersebut yang kemudian arus di alirkan lagi ke komponen elektronika yang membutuhkan arus lebih kecil I sehingga komponen elektronika ini dapat terpelihara keawetannya.

2.2.7. Kapasitor

Kapasitor adalah komponen elektronika yang berfungsi menyimpan muatan listrik dalam jangka waktu tertentu. Satuan dari kapasitor adalah Farad. Kapasitor terbuat dari material logam yang berbentuk dua buah lempengan yang disusun secara paralel dan berdekatan satu dengan yang lain sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan dan fungsinya.

Prinsip kerja kapasitor

Struktur sebuah kapasitor terbuat dari 2 buah pelat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Jika kedua ujung pelat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan berkumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif.



Gambar 2.11. Kapasitor

Fungsi Kapasitor

Beberapa fungsi komponen kapasitor dalam rangkaian listrik maupun rangkaian elektronika, sebagai berikut :

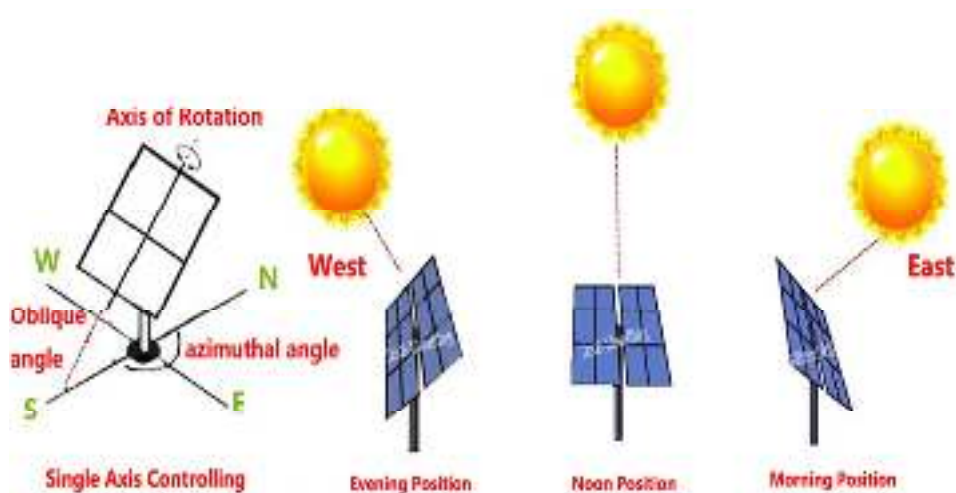
- Menyimpan muatan elektron atau listrik (kapasitansi)
- Sebagai filter atau penyaring dalam rangkaian power supply
- Sebagai frekuensi pada rangkaian antena
- Sebagai kopling antara rangkaian yang satu dengan rangkaian lain
- Untuk menghemat daya listrik pada lampu neon
- Sebagai isolator pada rangkaian arus searah (DC)
- Sebagai konduktor pada rangkaian arus bolak-balik (AC)
- Sebagai perata tegangan DC untuk mengubah arus AC ke DC
- Sebagai pembangkit gelombang AC atau osilator

2.3. Penjejak Matahari Satu Sumbu (single axis)

Penjejak satu sumbu adalah alat yang digunakan untuk memanfaatkan sinar matahari pada panel surya secara maksimal dengan mengikuti arah lintas matahari dari timur ke barat. Bergerak mengikuti sumbu putar *vertical*. Sumbu putar *vertical* pada penjejak matahari dimaksudkan untuk mengikuti sudut *azimuth* matahari yang di ukur dari timur ke barat. Secara umum penjejak matahari diklasifikasikan menjadi dua yaitu penjejak matahari satu sumbu dan penjejak matahari dua sumbu. Penjejak matahari sumbu dibedakan menjadi dua yaitu penjejak matahari sumbu *vertical* dan penjejakan sumbu *horizontal*. *Penjejak matahari satu sumbu* ini dilengkapi dengan sensor LDR (light dependent resistor) sebagai pendeteksi cahaya matahari yang berfungsi sebagai penggerak panel surya untuk mengikuti dimana cahaya matahari berada. Sebagai penggeraknya alat ini dilengkapi dengan motor stepper.

Gambar 2.12. Solar tracker single axis

2.3.1. Sudut Elevasi Matahari



Sudut elevasi (juga disebut sudut ketinggian) adalah ketinggian sudut dari matahari di langit dihitung dari horizontal. Ketinggian dan elevasi juga digunakan untuk menjelaskan ketinggian dalam meter dari permukaan laut. Ketinggiannya adalah 0° pada saat matahari terbit dan 90° saat matahari berada tepat di atas kepala. Sudut elevasi berubah sepanjang hari. Sudut elevasi juga bergantung pada derajat lintang sebuah lokasi dan hari dalam tahun.

2.3.2. Sudut Azimut Matahari

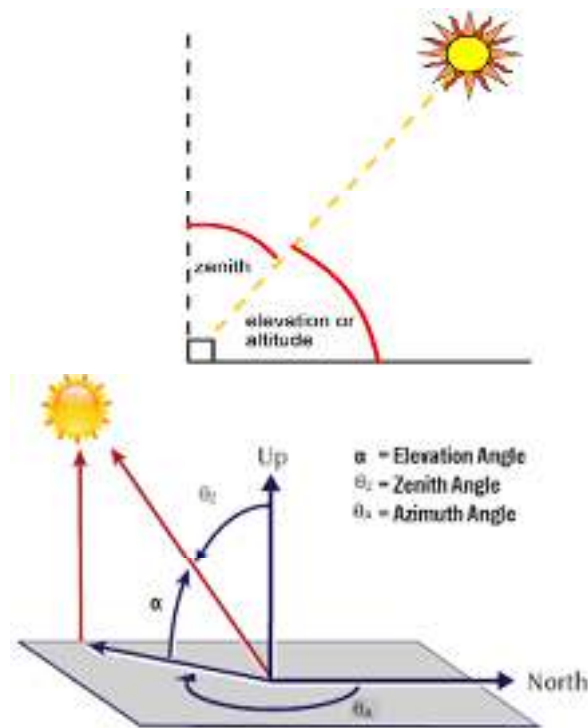
Sudut azimut adalah arah mata angin dari mana cahaya matahari datang. Pada tengah hari, matahari selalu berada tepat di selatan di belahan bumi bagian utara dan tepat di utara di belahan bumi bagian selatan. Sudut azimut berubah sepanjang hari. Pada saat ekuinoks, matahari

terbit tepat dari timur dan terbenam tepat di barat, terlepas dari derajat lintangnya, sehingga sudut azimut adalah 90° pada matahari terbit dan 270° pada matahari terbenam. Namun pada umumnya sudut azimut memiliki variasi bergantung pada derajat lintangnya dan waktu dalam tahun.

2.3.3. Sudut Zenith Matahari

Sudut zenith adalah sudut antara garis vertikal dengan garis ke matahari, sudut insiden dari radiasi langsung pada suatu permukaan horizontal. Sudut zenith, Θ_z adalah sama dengan sudut insiden, Θ pada saat kemiringan permukaan, $\beta = 0^\circ$. Sudut zenith mirip dengan sudut elevasi namun diukur dari vertikal bukan horizontal. Oleh karena itu, sudut zenit adalah $90^\circ -$ sudut elevasi (sudut ketinggian).

Gambar 2.13. sudut elevasi dan sudut zenith



Gambar 2.14. sudut elevasi, sudut zenith dan sudut azimuth

BAB III METODOLOGI PERANCANGAN

3.1. Pendahuluan

Metode yang dilakukan dalam perancangan dan pembuatan alat penjejak matahari otomatis, meliputi hal-hal sebagai berikut:

1. Tahap Perencanaan

Persiapan melalui studi pustaka untuk mencari teori penunjang dan mengambil sumber-sumber informasi atau referensi pada buku, jurnal dan internet.

2. Tahap Analisis

Penulis melihat analisis kebutuhan data maupun informasi yang diperlukan dalam membuat alat.

3. Tahap Perancangan

Penulis membuat perancangan alat berbasis prototipe rancang bangun yang disesuaikan.

4. Tahap Implementasi

Tahap ini dilakukan pembuatan alat yaitu perakitan komponen dan pembuatan program yang kemudian dimasukkan ke dalam Mikrokontroler serta menghubungkan setiap komponen dengan programnya sehingga alat dapat dioperasikan.

5. Tahap Uji Coba

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat berjalan dengan baik sesuai dengan tujuan penelitian atau tidak termasuk pengambilan data hasil pengujian.

6. Tahap kesimpulan Dan Saran

Merumuskan satu atau beberapa kesimpulan dan saran dari hasil yang diperoleh.

3.2. Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian dan perancangan sistem dilakukan di area kampus Universitas HKBP Nommensen Medan yang beralamat di jalan Sutomo No.4A, Perintis, Kec.Medan Timur, Kota Medan, tepatnya pada ruangan Laboratorium Teknik Digital Mulai dari bulan April hingga bulan Agustus 2022.

3.3.Peralatan dan bahan

3.3.1. Peralatan

1. Peralatan komputer/PC
2. Alat-alat ukur listrik
3. Perkakas atau toolset

4. Mesin bor, gergaji besi, mesin las dan sebagainya
5. Software arduino IDE, proteus 8.0 dan sebagainya

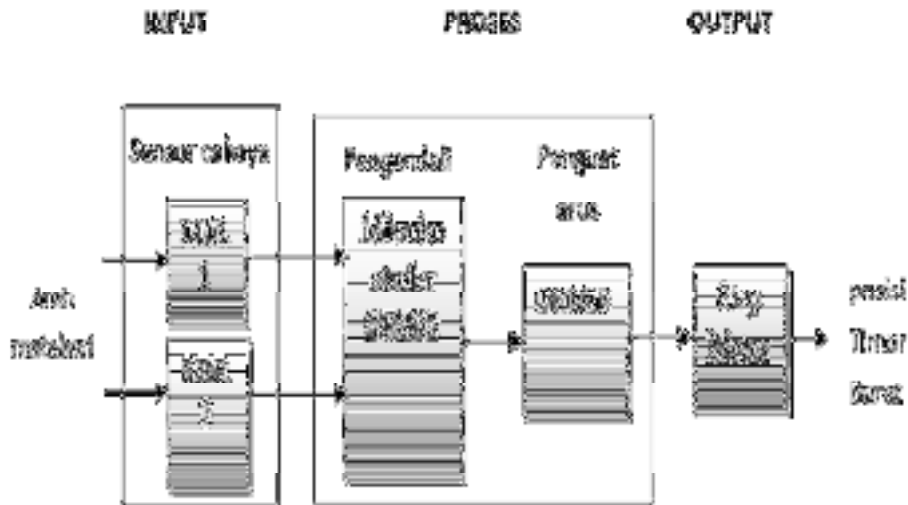
3.3.2. Bahan - bahan

1. Mikrokontroler STM32
2. Motor Stepper
3. Transistor mosfet Z44
4. Resistor variabel dan resistor tetap
5. Kapasitor 220uF
6. Sensor cahaya (LDR)
7. Solar panel 20 WP
8. Baterai Litium 12V
9. Besi hollow
10. Besi plat
11. Baut-baut
12. Mekanik gear
13. Plat Acrilic
14. Kabel-kabel

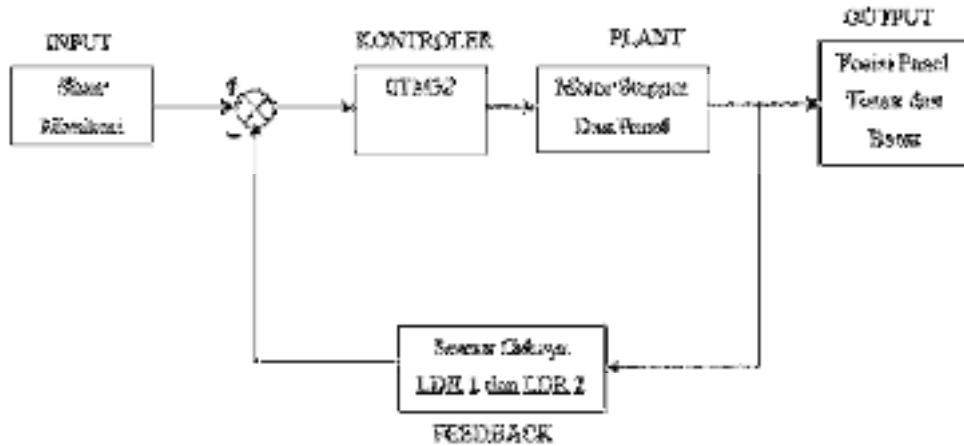
3.4. Blok diagram sistem

Blok diagram pada gambar 3.1 merupakan blok diagram sistem yaitu sistem penjejak matahari otomatis, blok diagram merupakan diagram yang menjelaskan bagian-bagian dari sistem yaitu komponen input, komponen proses /kontrol dan komponen output. Sistem yang dirancang merupakan sistem kendali otomatis dimana sistem akan bekerja mengarahkan panel surya kearah sinar matahari secara otomatis. Input atau masukan sistem adalah cahaya yang diubah oleh sensor menjadi tegangan listrik. Terdapat dua buah sensor untuk mendeteksi arah fokus matahari jika kedua sensor bernilai sama berarti sama-sama menghadap arah sinar yang sama, sedangkan jika berbeda maka arah hadapan tidak tegak lurus terhadap cahaya datang. Berdasarkan prinsip itulah sensor bekerja mendeteksi arah sinar atau cahaya. Sensor memberikan nilainya pada mikrokontroler STM32 kemudian oleh mikrokontroler tersebut kedua data dibandingkan dan dijadikan acuan untuk menggerakkan motor. Output plant adalah arah panel surya yang dikendalikan oleh sebuah motor stepper. Pada rancangan ini kapasitas panel surya

yang digunakan adalah 20 WP dimana desain konsep dapat diterapkan pada semua ukuran panel surya. Blok diagram diperlihatkan pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1. Blok diagram sistem.

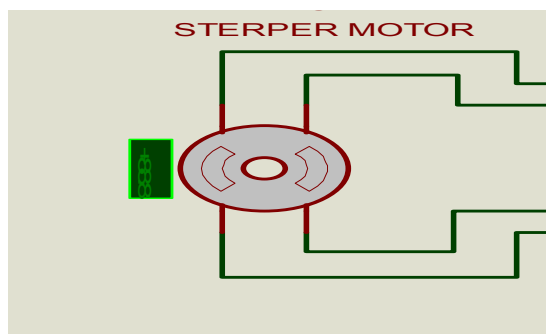


Gambar 3.2. Blok diagram kendali sistem.

Bagian berikut ini akan dibahas fungsi dan cara kerja komponen utama yang digunakan dalam sistem.

1. Motor stepper

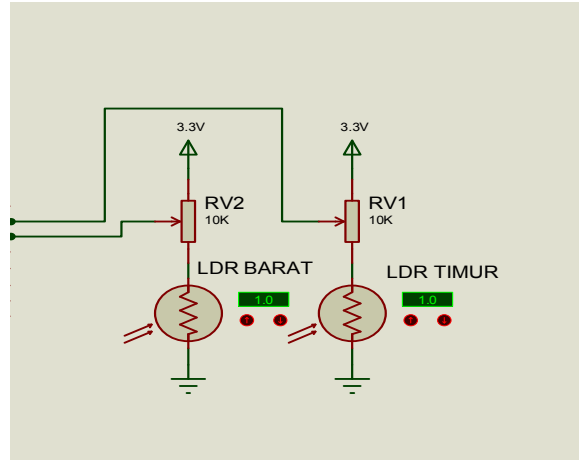
Tipe motor stepper adalah unipolar, motor stepper berfungsi sebagai penggerak yang menggerakkan panel surya ke arah timur atau barat. Cara kerja motor stepper adalah bergerak secara langkah demi langkah. Arus kumparan akan menyebabkan magnet berinteraksi dengan magnet permanen dan menyebabkan gerak step. Dengan urutan step yang benar akan membuat motor berputar beraturan. Motor dikendalikan oleh mikrokontroler dengan bantuan driver atau penguat arus. Tanpa penguat arus, mikrokontroler tidak mampu menggerakkan motor. Tipe drivernya adalah mosfet irf Z44. Sinyal kontrol dikirim ke input driver kemudian dikuatkan untuk menggerakkan motor.



Gambar 3.3. Rangkaian motor stepper.

2. Sensor intensitas cahaya

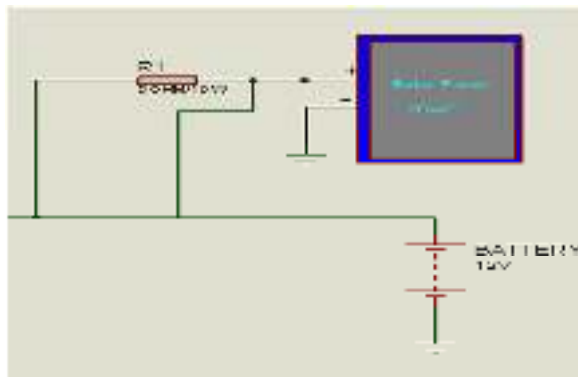
Fungsi sensor adalah sebagai input yang mendeteksi besaran fisik dan mengubahnya menjadi besaran listrik. Rancangan ini menggunakan sensor cahaya yaitu LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari. Terdapat 2 buah sensor untuk mendeteksi arah matahari dengan cara membandingkannya. Jika kedua sensor menghadap arah sinar yang tidak tegak lurus akan menyebabkan perbedaan intensitas dan oleh sensor akan diubah menjadi nilai tahanan. Perbedaan nilai tahanan dalam rangkaian resistor seri akan membuat tegangan juga berbeda. Tegangan ini diberikan pada mikrokontroler sebagai masukan dan oleh mikrokontroler perbedaan tegangan tersebut adalah error yang akan memicu aksi untuk melakukan pengaturan pada plant output.



Gambar 3.4.rangkaian sensor pada mikrokontroler.

3. Solar panel dan Batere

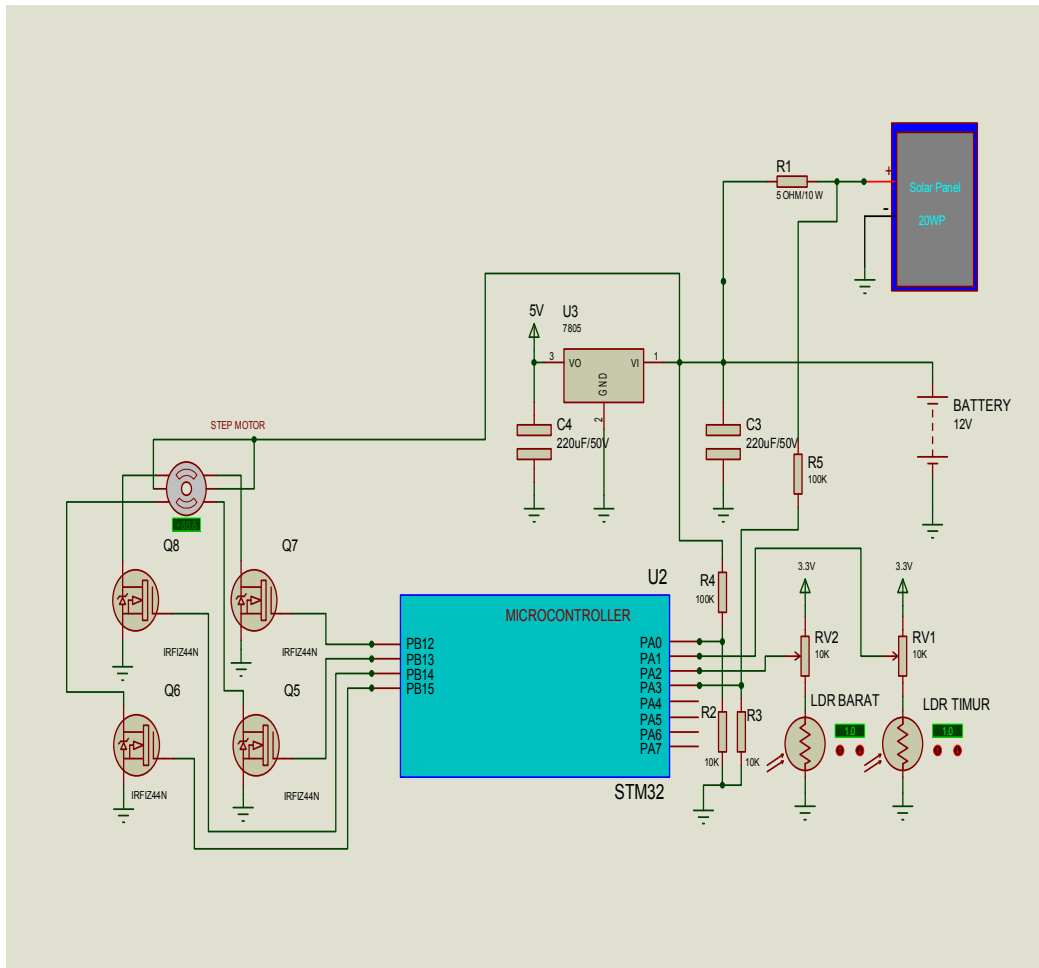
Solar panel adalah komponen yang berfungsi mengubah energi cahaya menjadi listrik. Energi cahaya diperoleh dari sinar matahari pada siang hari kemudian disimpan pada sebuah batere. Solar panel yang digunakan adalah solar panel tipe polycrystalline dengan daya puncak 20 WP. Solar panel mengeluarkan tegangan maksimal 21V tanpa beban dan bekerja normal pada tegangan 12V. Arus yang dihasilkan oleh solar panel dialirkan ke batere. Rancangan ini menggunakan batere tipe Litium ion yaitu batere kering yang dapat diisi ulang. Fungsi batere adalah untuk menstabilkan energi yang diperoleh dari solar panel. Tanpa batere, cahaya matahari yang fliktuatif akan menyebabkan tegangan juga fliktuatif sehingga tidak dapat digunakan pada alat listrik.



Gambar 3.5.Rangkaian catu daya dengan sumber solar panel dan media penyimpan batere litium ion.

3.5. Rancangan rangkaian pengendali

Rancangan rangkaian pengendali adalah rangkaian yang fungsinya sebagai pengendali sistem sistem yaitu mengolah input dan mengendalikan output. Rangkaian dirancang berbasiskan mikrokontroler STM32 dan didukung oleh beberapa sensor dan komponen output. Input rangkaian adalah intensitas cahaya yang diterima oleh sensor dan diubah menjadi tegangan. Komponen yang digunakan sebagai sensor adalah resistor peka cahaya atau LDR. Untuk mendeteksi arah sinar matahari atau titik fokus cahaya digunakan 2 buah sensor LDR tersebut. Perbandingan intensitas masing-masing sensor akan memberikan nilai selisih atau error sehingga jika arah panel surya tidak tegak lurus maka Error akan terjadi. Berdasarkan deteksi error tersebut mikrokontroler dapat melakukan koreksi arah dengan menjalankan motor stepper. Tipe mikrokontroler yang digunakan adalah AVR yaitu STM32. Mikrokontroler diprogram dengan bahasa C menggunakan perangkat lunak IDE Arduino versi 1.8.19. Output sistem itu sendiri adalah penggerak mekanis yang dilakukan oleh motor stepper unipolar. Dengan bantuan gigi reduksi motor stepper mampu menggerakkan mekanis sebagai pengarah panel surya. Untuk mengendalikan motor stepper mikrokontroler membutuhkan driver atau penguat arus. Tipe penguat arus yang digunakan adalah mosfet tipe P yang bekerja sebagai saklar untuk mengalirkan arus ke kumparan motor secara periodik. Karena motor stepper yang digunakan adalah motor stepper unipolar, maka terdapat 4 buah mosfet untuk 1 motor stepper.



Gambar 3.6. Rangkaian keseluruhan sistem pengatur arah panel otomatis.

3.6. Prinsip kerja

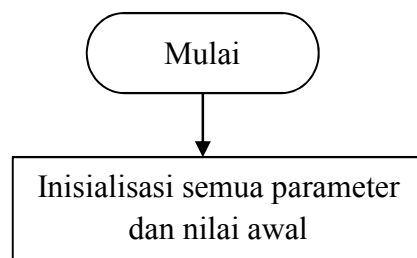
Prinsip kerja rangkaian adalah berawal dari sumber catu daya, setelah semua komponen mendapat suplai arus maka sistem akan bekerja sesuai dengan perintah yang telah diprogramkan. Dimulai dari sensor yang akan mengubah intensitas cahaya menjadi tegangan. Sensor yang terhubung seri dengan sebuah resistor tetap akan membagi tegangan sumber yaitu 5Volt secara proporsional terhadap nilai tahanan sensor yaitu sebagai pembagi tegangan. Sifat sensor LDR adalah makin besar intensitas cahaya maka makin kecil nilai tahanan sensor (LDR) dan makin rendah intensitas maka makin besar nilai tahananannya. Dengan demikian tegangan keluaran sensor akan mewakili besar intensitas cahaya. Output sensor kemudian diberikan pada mikrokontroler melalui masukan analog mikrokontroler. Terdapat 2 masukan analog untuk 2 sensor LDR tersebut. Tegangan sensor kemudian diubah menjadi data digital dan oleh program

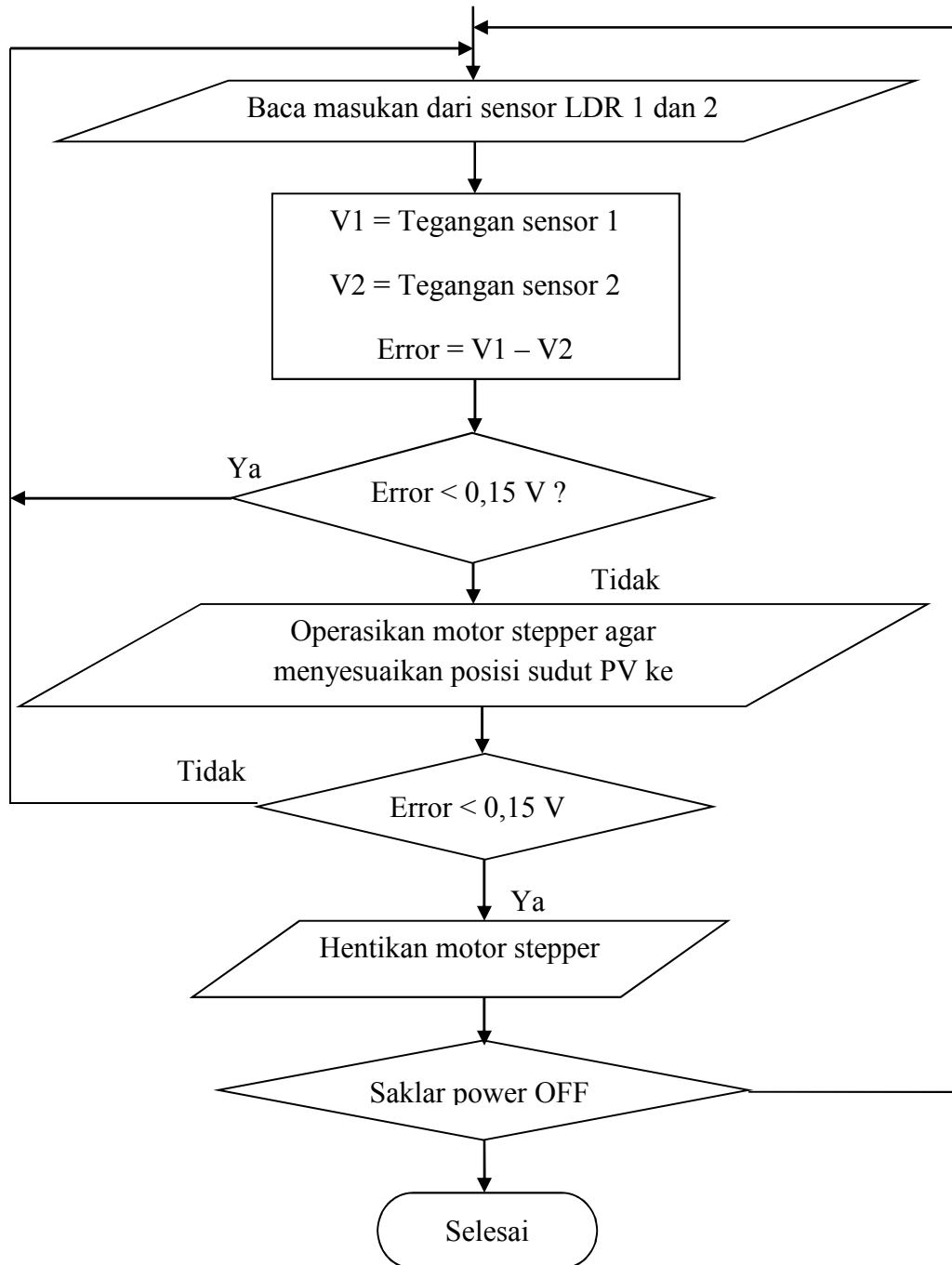
data tersebut dikalibrasi menjadi nilai tegangan. Kedua nilai tersebut kemudian dibandingkan untuk mengetahui kondisi intensitas masing-masing sensor. Dari hasil perbandingan diperoleh galat atau error dari masukan tersebut. Untuk memperbaiki error agar mendekati 0, Mikrokontroler akan mengaktifkan motor stepper untuk menggerakkan panel menuju error yang lebih kecil. Demikianlah prinsip kerja rangkaian secara berkesinambungan selama rangkaian mendapat suplai arus.

3.7. Flowchart Sistem

Flowchart merupakan diagram yang menjelaskan aliran proses kerja mulai dari awal hingga selesai 1 siklus kerja. Flowchart sistem yang ditunjukkan pada gambar 3.6 Berawal dengan proses inialisasi dan nilai awal yaitu menentukan kondisi awal serta parameter input/output. Setelah proses inialisasi, program akan mulai membaca inputan melalui masukan analog, program akan membaca nilai dari input analog yaitu Port A.0 dan Port A1. Nilai tersebut diubah menjadi data oleh ADC internal mikrokontroler STM32. Data yang mewakili tegangan tersebut diubah menjadi besaran tegangan ekuivalen kembali kemudian dibandingkan besarannya satu sama lain untuk mendapatkan selisih atau error. Error berasal dari selisih sensor 1 dan sensor 2. Jika terdapat error baik error yang melampaui 0,15V akan membuat mikrokontroler melakukan koreksi yaitu dengan menjalankan motor penggerak dan menggerakkan panel surya kearah yang besaran error mendekati 0 atau toleransi yang dibuat adalah 0,15V.

Diagram alir sistem/ Flowchart





Gambar 3.7. Flowchart sistem.

3.8. Pengujian Sistem

3.8.1. Pengujian Panel Surya

Pengujian panel surya dilakukan dengan 2 cara yaitu pengujian tanpa pengarah atau statis dan pengujian dengan menggunakan tracking otomatis untuk mengarahkan solar panel pada titik fokus. Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan pada panel surya yang digunakan.

a. Pengujian Panel Surya Statis

Kapasitas Panel surya yang digunakan adalah 20 WP/12V. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik panel surya dalam keadaan statis atau tidak bergerak. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran panel surya dibawah sinar matahari. Untuk mengetahui karakteristik panel surya dalam mengubah cahaya menjadi listrik dalam satu hari maka dilakukan pengukuran tegangan dari pagi hingga sore. Pada pengujian ini digunakan resistor sebagai beban yang dihubung pada output solar panel. Tahanan dalam resistor paralel yang digunakan adalah 6,8 Ohms.

b. Pengujian Panel surya dinamis

Kapasitas Panel surya yang digunakan adalah 20 WP/12V. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik panel surya dalam keadaan dinamis atau bergerak. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran panel surya dibawah sinar matahari. Untuk mengetahui karakteristik panel surya dalam mengubah cahaya menjadi listrik dalam satu hari maka dilakukan pengukuran tegangan dari pagi hingga sore. Pada pengujian ini digunakan resistor sebagai beban yang dihubung pada output solar panel. Tahanan dalam resistor paralel yang digunakan adalah 6,8 Ohms

3.8.2. Pengujian Rangkaian Sensor Cahaya

Tipe sensor yang digunakan adalah LDR atau light depending resistor. Sensor cahaya digunakan untuk mengubah intensitas cahaya menjadi tegangan agar dapat dibaca oleh mikrokontroler. Sensor disebut resistor peka cahaya karena nilai tahanan resistor sangat bergantung pada intensitas cahaya oleh karena itu Nilai tahanan sebuah resistor akan berubah-ubah sesuai perubahan intensitas. Pada rangkaian , LDR dipasang seri dengan sebuah resistor tetap. Tegangan akan dibagi secara proporsional sesuai perbandingan nilai kedua tahanan. Berikut adalah hasil pengujian sensor cahaya dengan tegangan masuk konstan dan intensitas berubah. Pada pengujian ini digunakan sebuah sumber cahaya yaitu lampu pijar 100Watt dengan

variabel jarak yaitu jarak lampu dengan sensor divariasikan. Intensitas diukur dengan alat ukur intensitas yaitu Lux meter.

3.9. Pengujian Batere

Batere digunakan untuk menyimpan muatan listrik agar PLTS dapat bekerja. Rancangan ini menggunakan baterai kering tipe Litium Ion untuk menyimpan energi listrik. Pengujian batere dilakukan dengan mengisi mengisi ulang hingga penuh kemudian menggunakan nya hingga kosong. Dengan demikian dapat ditentukan kapasitas batere yang digunakan sebagai PLTS.