

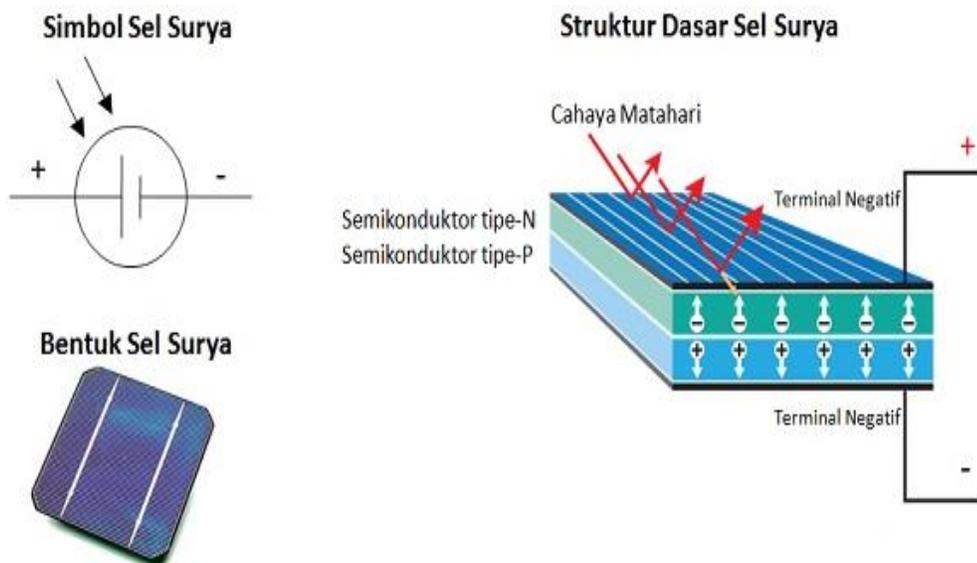
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Panel Surya

Adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atas Matahari atau "sol" karena Matahari merupakan sumber cahaya terkuat yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut *photovoltaic*, photovoltaic dapat diartikan sebagai "cahaya-listrik".

Sel surya atau sel PV bergantung pada efek photovoltaic untuk menyerap energi Matahari dan menyebabkan arus mengalir antara dua lapisan bermuatan yang berlawanan [5].



Gambar 2.1 Struktur dasar sel surya

Gambaran struktur dasar panel surya ditunjukkan pada Gambar 2.1. Sinar Matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan foton. Ketika terkena sinar Matahari, foton yang merupakan partikel sinar Matahari tersebut menghantam atom semikonduktor silikon Sel Surya sehingga menimbulkan energy yang cukup besar untuk memisahkan electron dari struktur atomnya.

Elektron yang terpisah dan bermuatan Negatif (-) tersebut akan bebas bergerak pada daerah konduksi dari material semikonduktor, atom yang kehilangan Elektron tersebut akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan “hole” dengan muatan positif (+).

Daerah Semikonduktor dengan elektron bebas ini bersifat negative dan bertindak sebagai pendonor elektron, daerah semikonduktor ini disebut dengan semikonduktor tipe N (N-type), sedangkan daerah semikonduktor dengan Hole bersifat positif dan bertindak sebagai penerima (Acceptor) elektron yang dinamakan dengan Semikonduktor tipe P (P-type).

Di persimpangan daerah positif dan Negatif (PN Junction), akan menimbulkan energy yang mendorong elektron dan hole untuk bergerak ke arah yang berlawanan.

Elektron akan bergerak menjauhi daerah Negatif sedangkan hole akan bergerak menjauhi daerah positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun prangkat listrik lainnya di persimpangan Positif dan Negatif (PN Junction) ini, maka akan menimbulkan Arus Listrik [6].



Gambar 2.2 Panel Surya 50wp

Dalam pembuatan alat ini saya menggunakan panel surya 50wp yang ditunjukkan pada Gambar 2.2, dimana panel surya ini menggunakan teknologi single crystalline silicon yang menawarkan efisiensi lebih baik dibandingkan dengan multi-crystalline atau amorphous silicon.

Sel silikon dirangkai dalam dua batang kawat dan masing-masing dilindungi dengan sebuah bypass diode untuk meminimalkan energi yang hilang karena bayangan. Modul melindungi solar-cell dari kelembaban, memberikan stabilitas sinar ultra violet dan perluasan panas.

Dengan spesifikasi sebagai berikut;

- NUMBER OF CELLS NS 24
- MAXIMUM POWER P_{MAX} 50
- VOLTAGE AT P_{MAX} 17.35

- CURRENT AT P_{MAX} 2.88
- OPEN-CIRCUIT VOLTAGE V_{OC} 21.88
- SHORT-CIRCUIT CURRENT I_{SC} 3.08
- TEMPERATURE COEFF. OF V_{OC} -0.38
- TEMPERATURE COEFF. OF I_{SC} 0.04
- SD LIGHT INTENSITY S₀ 1000
- SD TEMPERATURE T_{REF} 25
- DV/DI (SLOPE) AT V_{OC} 0

Model Parameters (defined)

- BAND ENERGY E_G 1.12
- IDEALITY FACTOR (A) 1.2
- SHUNT RESISTANCE R_{SH} 1000
- COEFFICIENT K_S 0

Model Parameters (calculated)

- SERIES RESISTANCE R_S 0.0366
- SHORT CIRCUIT CURRENT I_{SC0} 3.08
- SATURATION CURRENT I_{S0} 4.61e-013
- TEMPERATURE COEFFICIENT C_T 0.001232

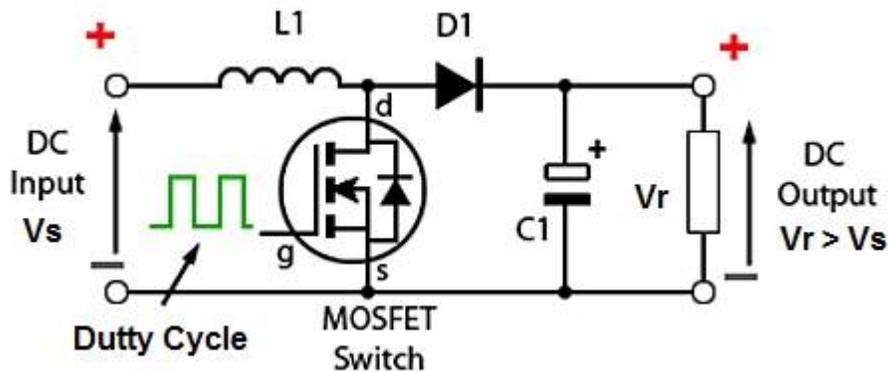
Operating Conditions

- LIGHT INTENSITY S 1000

2.2 Boost Converter

Boost converter adalah sebuah rangkaian daya yang mampu menyediakan tegangan output yang lebih besar dibanding tegangan sumber atau inputnya [1].

Tata letak inductor, diode, dan saklar Mosfet tersusun seri terhadap sumber dan akan terhubung langsung ke tegangan sumber pada saat saklar Mosfet dinyalakan yang ditunjukkan pada gambar 2.3 .



Gambar 2.3 rangkaian Boost Converter

Cara kerja Boost converter dipaparkan dalam 2 mode:

- Mode pengisian arus inductor (saklar Mosfet konduksi)
- Mode pengosongan arus inductor (saklar Mosfet padam)

Pada saat saklar Mosfet konduksi, konduktor akan dihubung-singkat dengan

tegangan sumber. Karena semua arus mengalir negative melalui saklar, maka arus mengalir ke beban R dapat diabaikan [1].

Tegangan resistor V_r adalah tegangan output converter dan akan berharga nol selama pengisian berlangsung. Persamaan tegangan rangkaian dapat dituliskan sebagai berikut:

$$V_s = L \frac{di}{dt} \quad (2.1)$$

Karena saklar Mosfet konduksi berlangsung selama t_{on} , karena linier maka penyebut dt pada persamaan diatas dapat diganti dengan t_{on} , sedangkan $di = \Delta I$ sehingga diperoleh:

$$V_s = L \frac{\Delta I}{t_{on}} \quad (2.2)$$

Diubah ke bentuk lain:

$$L \Delta I = V_s t_{on} \quad (2.3)$$

Pada saat saklar Mosfet padam, tegangan sumber akan terangkai seri terhadap inductor dan beban, inductor yang semula dalam mode pengisian arus akan berubah menjadi mode pengosongan arus. Pada kondisi ini, inductor berfungsi sebagai sumber arus atau sumber tegangan, sedangkan resistor sebagai beban [1].

Terlihat bahwa resistor R dicatu oleh 2 buah sumber yang di seri, yaitu sumber tegangan V_s dan V_L . kondisi inilah yang menyebabkan tegangan output Boost Converter selalu lebih tinggi dari tegangan inputnya. Rentang waktu saat saklar Q padam adalah t_{off} , sehingga persamaan tegangan berubah menjadi:

$$V_S + L \frac{\Delta I}{t_{\text{off}}} = V_r \quad (2.4)$$

Persamaan (2.3) disubstitusikan dengan persamaan (04) akan dihasilkan:

$$V_S = V_S \frac{t_{\text{on}}}{t_{\text{off}}} + V_r \quad (2.5)$$

$$V_r = V_S \left(1 - \frac{t_{\text{on}}}{t_{\text{off}}} \right) \quad (2.6)$$

Dari persamaan sebelumnya, diketahui bahwa $t_{\text{on}} + t_{\text{off}} = T$ dan $t_{\text{off}} = (1-k) T$, maka persamaan (2.4) dapat diubah menjadi

$$V_r = V_S \frac{1}{1-k} \quad (2.7)$$

Persamaan (2.7) adalah untuk menghitung tegangan output sebagai fungsi tegangan input dan *duty cycle*. Dalam persamaan tersebut tidak terlihat peran nilai inductor ataupun nilai frekuensi switching dalam menentukan tegangan output. Namun, inductor dan frekuensi switching sangat mempengaruhi riak gelombang output. Riak arus berhubungan dengan nilai induktansi, sedangkan riak tegangan dipengaruhi oleh kapasitansi. Menggunakan rangkaian boost converter saat saklar Q konduksi diperoleh hubungan antara riak arus dan inductor sebagai berikut:

$$V_S = L \frac{\Delta I}{t_{\text{on}}} \quad (2.8)$$

Dari persamaan tersebut, nilai induktansi L dapat diperoleh secara langsung apabila riak arus ΔI ditentukan terlebih dahulu. Setelah ditentukan nilai riak arus maka diperoleh nilai kapasitor dengan rumus :

$$C = V_{\text{max}} \frac{1-k}{f_{\text{RAV}}} \quad (2.9)$$

Maka diperoleh hubungan:

$$\Delta V = V_{max} \left(\frac{t_{off}}{RC} \right) \quad (2.10).$$

2.3STM32F103C8

STM32 adalah mikrokontroler yang mulai banyak dikembangkan untuk saat ini, karena mempunyai kelebihan memproses data yang lebih cepat dibanding mikrokontroler sebelumnya, dan mempunyai core yang berbeda di setiap serinya.

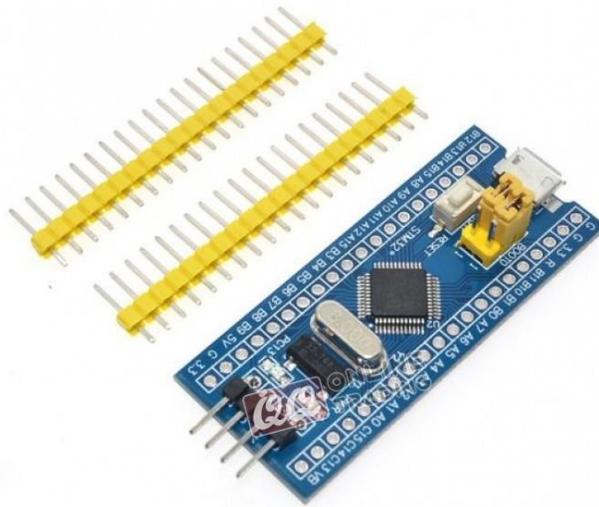
STM32 berbasis inti prosesor 32 bit RISC ARM Cortex-M7, Cortex-M4F, Cortex-M3, Cortex-M0+, dan Cortex-M0 dari STMicroelectronics. Mikrokontroler ini mempunyai frekuensi clock tinggi, umumnya berada pada kisaran 72MHz atau lebih. ARM merupakan singkatan dari *Advanced RISC Machine*, sebuah prosesor 32-bit dengan tipe RISC. ARM Cortex ditujukan untuk aplikasi yang sifatnya embedded seperti mikrokontroler, sistem kendali otomotif, printer serta sistem jaringan baik yang wired maupun wireless. Cortex-M digunakan pada mikrokontroler dengan kelebihan pada kecepatan kinerja dengan konsumsi daya yang rendah. Sedangkan Cortex-R dipakai pada aplikasi real-time [10].

STM32F103C8 yang ditunjukkan pada Gambar 2.4, menggabungkan core RISC ARM®Cortex®-M3 32-bit berkinerja tinggi yang beroperasi pada frekuensi 72 MHz, memori tertanam berkecepatan tinggi (memori Flash hingga 128 Kbytes dan SRAM hingga 20 Kbytes), dan berbagai pilihan I / Os yang disempurnakan dan

periferal terhubung ke dua bus APB. Semua perangkat menawarkan dua ADC 12 bit, tiga timer 16 bit umum dan satu timer PWM, serta antarmuka komunikasi standar dan lanjutan: hingga dua I2C dan SPI, tiga USART, USB dan CAN [10]. Berikut fitur dari STM32F103C8 :

- ARM Cortex M3
- 72MHz
- 64KB Flash
- 20KB RAM
- Power supply : 3volt
- Reset Button
- LED on PIN PC13
- 32 kHz Real time clock crystal
- Micro USB connector for power and data
- ST-Link header on the top of the board [10].





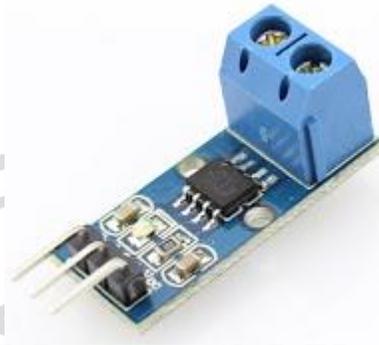
Gambar 2.4 Mikrokontroler STM32F103C8

2.4 Sensor Arus ACS712

Pengukuran arus biasanya membutuhkan sebuah resistor shunt yaitu resistor yang dihubungkan secara seri pada beban dan mengubah aliran arus menjadi tegangan, tegangan tersebut biasanya diumpankan ke current transformer terlebih dahulu sebelum masuki ke rangkaian pengkondisi signal.

Teknologi *Hall Effect* yang diterapkan oleh Allegro menggantikan fungsi resistor shunt dan current transformer menjadi sebuah sensor dengan ukuran yang relatif jauh lebih kecil, aliran arus listrik yang mengakibatkan medan magnet yang menginduksi bagian dynamic offset cancelation dari ACS712, bagian ini akan dikuatkan amplifier dan melalui filter sebelum dikeluarkan melalui kaki 6 dan 7,

modul tersebut membantu penggunaan untuk mempermudah instalasi arus ini kedalam sistem [7].



Gambar 2.5 Sensor Arus ACS712

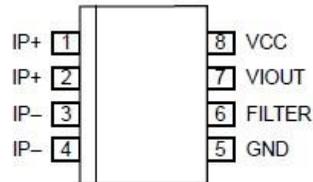
ACS712 (Gambar 2.5) adalah Hall Effect current Sensor, hall effect allegro ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia industry, otomotif, komersil dan sistem – sistem komunikasi. Pada umumnya aplikasi sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor, deteksi beban listrik, switched-mode power supplies dan proteksi beban berlebih.

Sensor ini memiliki pembacaan dengan ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat rangkaian low-offset linier Hall dengan satu lintasan yang terbuat dari lempengan tembaga.

Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang menghasilkan medan magnet dan ditangkap oleh integrated Hall IC kemudian diubah menjadi tegangan proposional, ketelitian dalam membaca sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalam antara penghantar yang

menghasilkan medan magnet dengan Hall transducer secara berdekatan. Persisnya ,
 tegangan proposional yang rendah akan menstabilkan Bi CNOS Hall IC [7].

Pin-out Diagram



Terminal List Table

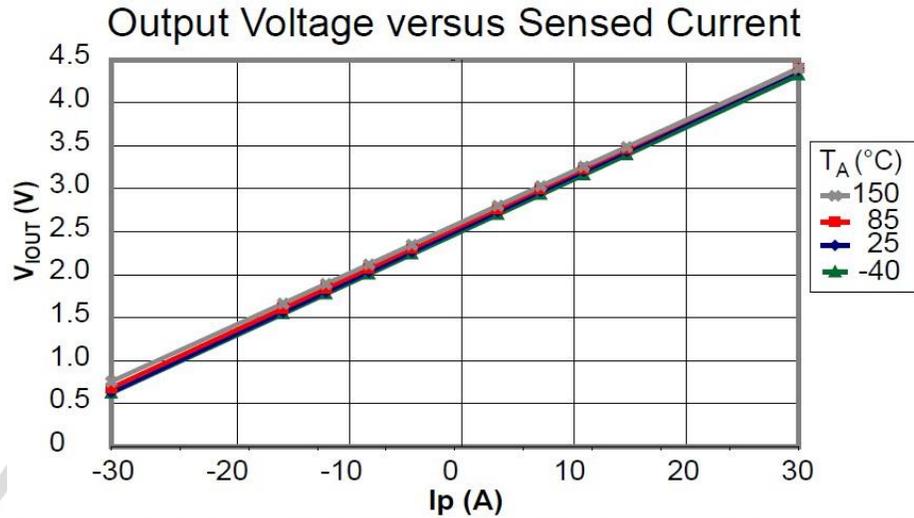
Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sensed; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sensed; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VIOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal

Gambar 2.6 Konfigurasi Pin ACS712

Keluaran dari sensor ini sebesar (>VIOUT(Q)) saat peningkatan arus pada penghantar arus (dari pin 1 dan pin 2 ke pin 3 dan pin 4), yang digunakan untuk pendeteksian atau perasa arus. Hambatan dalam penghantar sensor sebesar 1,2 mΩ dengan daya rendah. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor leads (pin 5 sampai pin 8), dan konfigurasi ditunjukkan pada Gambar 2.6.

Hal ini menjadikan sensor arus ACS712 dapat digunakan pada aplikasi yang membutuhkan isolasi listrik tanpa menggunakan opto-isolator atau teknik isolasi lainnya yang mahal, ketebalan penghantar arus didalam sensor sebesar 3x kondisi

over current [7].



Gambar 2.7 Grafik Sensor Arus ACS712

Contoh dari gambar grafik di tunjukkan pada gambar 2.7, IC yang digunakan adalah versi 30A, artinya IC ini dapat dialiri arus dari -30A sampai 30A dengan sensitivitas 100mV/A.

Beberapa fitur penting dari sensor arus ACS712 adalah:

- Jalur sinyal analog yang rendah noise
- Bandwidth perangkat diatur melalui pin FILTER yang baru
- Waktu naik keluaran 5 mikrodetik dalam menanggapi langkah masukan aktif
- Bandwidth 50 khz
- Total eror keluaran 1,5% pada suhu 25° C, dan 4% pada suhu 40° C sampai 85° C

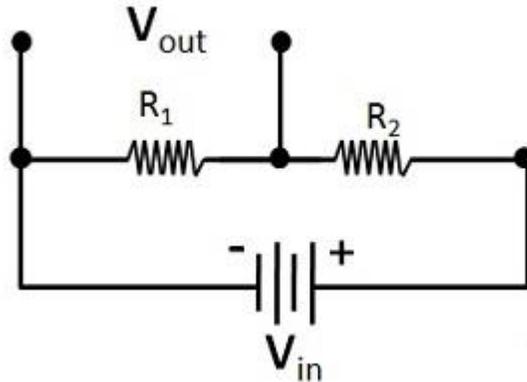
- Resistensi internal 1.2 mΩ.
- 2.1 kVRMS tegangan isolasi minium dari pin 1-4 ke pin 5-8
- Oprasi catu daya tunggal 5.0 V
- Sensitivcitas keluaran 66 – 185 mV/A
- Tegangan keluaran sebanding dengan arus AC atau DC
- Tegangan offset yang setabil
- Hysteresis magnetic hampir mendekati nol
- Keluaran ratiometric diambil dari sumber daya[7].

2.5 Pembagi Tegangan

Voltage Devider atau Pembagi Tegangan adalah suatu rangkaian sederhana yang menguubah tegangan besar menjadi tegangan yang lebih kecil. Fungsi dari Pembagi Tegangan ini dirangkaian elektronika adalah untuk membagi Tegangan Input menjadi satu atau beberapa tegangan output yang diperlukan oleh komponen lain didalam rangkaian. Hanya dengan menggunakan dua buah Resistor atau lebih dan tegangan input, kita telah mampu membuat sebuah rangkaian pembagi tegangan yang sederhana [8].

Terdapat dua bagian yang penting dalam merancang Pembagi tegangan yaitu rangkaian dan persamaan pembagi tegangan. Pada dasarnya, terdiri dari dua buah

resistor yang dirangkai seri.



Gambar 2.8 Rangkaian Pembagi Tegangan

Aturan Pembagi Tegangan sangat sederhana, yaitu tegangan input dibagi secara proposional sesuai dengan nilai resistansi dua resistor yang dirangkai seri, sehingga dari Gambar 2.8 akan menghasilkan rumus.

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (5.0)$$

2.6 LCD

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (Liquid Cristal Display) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan

cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD (Liquid Cristal Display) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan [9].



Gambar 2.9 LCD

Dalam modul LCD (Gambar 2.9) terdapat microcontroller yang berfungsi

sebagai pengendali tampilan karakter LCD (Liquid Cristal Display). Microntroller pada suatu LCD (Liquid Cristal Display) dilengkapi dengan memori dan register.

Memori yang digunakan microcontroler internal LCD adalah :

- DDRAM (Display Data Random Access Memory) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
- CGRAM (Character Generator Random Access Memory) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
- CGROM (Character Generator Read Only Memory) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (Liquid Cristal Display) tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah.

- Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD (Liquid Cristal Display) pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD (Liquid Cristal Display) dapat dibaca pada saat pembacaan data.
- Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau keDDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut

keDDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD (Liquid Cristal Display) diantaranya adalah:

- Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD (Liquid Cristal Display) dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
- Pin RS (Register Select) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika low menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika high menunjukkan data.
- Pin R/W (Read Write) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika low tulis data, sedangkan high baca data.
- Pin E (Enable) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
- Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 Kohm, jika tidak digunakan dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt [9].

2.7 Algoritma Firefly

Algoritma Firefly adalah algoritma yang terinspirasi dari kunang-kunang, mereka akan berkedip ketika berkomunikasi dengan kunang-kunang lain dan ketika menarik calon mangsa. Algoritma ini dikembangkan oleh Xin-She Yang pada 2010, dan menggunakan 3 peraturan sebagai berikut.

1. Semua kunang-kunang berjenis kelamin satu sehingga seekor kunang-kunang akan tertarik pada kunang-kunang lain terlepas dari jenis kelamin.
2. Daya tarik sebanding dengan tingkat kecerahan cahaya kedip kunang-kunang. Oleh karena itu kunang-kunang dalam tingkat kecerahan lebih rendah akan tertarik dan bergerak ke arah kunang-kunang yang lebih tinggi tingkat kecerahannya. Kecerahan dapat berkurang seiring dengan bertambahnya jarak dan adanya penyerapan cahaya akibat faktor udara. Jika tidak ada yang paling terang dari populasi tersebut, semua kunang-kunang bergerak acak.
3. Kecerahan atau intensitas cahaya dari seekor kunang-kunang dipengaruhi atau ditentukan oleh nilai fungsi tujuan dari masalah yang diberikan. Untuk masalah maksimalisasi, intensitas cahaya sebanding dengan nilai tujuan [3].

Ada dua hal yang sangat penting dalam algoritma firefly yaitu intensitas cahaya dan fungsi keatraktifan, daya tarik seekor kunang-kunang ditentukan oleh seberapa terang cahaya yang dimilikinya dan cahaya itu dipengaruhi oleh fungsi obyektif. Kunang-kunang lain bergerak mendekat kepada kunang-kunang yang memiliki cahaya paling terang (kunang-kunang yang mempunyai nilai paling maksimal).

Adapun gambaran umum tahap metode algoritma firefly dalam menyelesaikan optimasi adalah:

1. Inisialisasi parameter dan populasi kunang-kunang.

Proses inisialisasi dilakukan dengan cara menentukan jumlah populasi (m) dan iterasi (it) yang akan dilakukan serta menentukan nilai untuk variabel β_0 (*base beta*), γ (*gama*), α (*alpha*) dan $rand$ untuk menghitung ketertarikan, jarak dari pergerakan kunang-kunang, dimana jumlah populasi yaitu jumlah calon kandidat solusi yang sudah ditentukan.

2. Menentukan dimensi *firefly* sebagai posisi awal kunang-kunang.

Pembangkitan bilangan acak sebagai nilai posisi awal kunang-kunang, nilai ini adalah kombinasi kandidat solusi yang sudah dibangkitkan sebelumnya, dimana terdapat dua dimensi yaitu dimensi i dan dimensi j . Banyaknya dimensi i ditentukan oleh banyaknya populasi *firefly* yang merupakan jumlah kandidat solusi yang diinginkan sedangkan banyaknya dimensi j ditentukan oleh nilai dari kandidat tersebut.

3. Menghitung intensitas cahaya dari setiap posisi kunang-kunang.

Untuk memperoleh nilai intensitas cahaya dibutuhkan nilai hasil dari evaluasi fungsi obyektif. Maka nilai *fitness* yang sudah didapatkan sebelumnya dijadikan sebagai nilai intensitas cahaya setiap kunang-kunang. Karena tujuan permasalahan adalah mencari nilai maksimal, jadi semakin tinggi nilai fungsi, maka semakin tinggi nilai intensitasnya yang mempunyai persamaan.

$$I_i = f(x) \tag{7.0}$$

$$I_i = V \times I \tag{7.1}$$

$$V = V_r = V_s \frac{1}{1 - X_i} \tag{7.2}$$

Keterangan :

- I_i = Intensitas Cahaya Firefly i
- $f(x)$ = Fungsi Obyektif
- V_s = Sumber Tegangan
- $f(x)$ = Fungsi Obyektif yang merupakan nilai Daya
- V_r = Tegangan Output (melalui proses boost coverter)
- x_i = Posisi kunang-kunang / posisi dutty cycle

4. Menentukan G_{best} (*Global best*).

Nilai G_{best} merupakan nilai intensitas cahaya paling terang dari semua kunang-kunang, untuk menentukan G_{best} dilakukan dengan cara membandingkan setiap kunang-kunang dalam iterasi tersebut, sehingga didapatkan kunang-kunang dengan nilai tertinggi .

5. Menghitung jarak posisi antar kunang-kunang.

Perhitungan jarak setiap kunang-kunang terhadap kunang-kunang yang intensitas cahayanya paling tinggi (G_{best}) dengan menggunakan metode *eucledean* persamaannya adalah.

$$r_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^d (x_{i,k} - x_{j,k})^2} \quad (7.3)$$

keterangan: r_{ij} = jarak kunang-kunang i dan j
 d = jumlah kordinat dimensi
 $x_{i,k}$ = posisi kunang-kunang i pada dimensi k
 $x_{j,k}$ = posisi kunang-kunang j pada dimensi k

6. Menghitung nilai keatraktifan antar kunang-kunang.

Melakukan perhitungan nilai beta menggunakan konstanta base beta, gama, dan jarak yang sudah diketahui sebelumnya, dengan persamaan.

$$\beta = \beta_0 e^{-\gamma r^2} \quad (7.4)$$

keterangan : β = keatraktifan
 β_0 = Nilai daya tarik kunang-kunang (base beta)
 γ = Koefisien penyerapan cahaya (gama)
 r = Jarak

7. Melakukan pergerakan pada kunang-kunang.

Kunang-kunang akan bergerak menuju kunang-kunang yang lebih besar intensitas cahayanya sehingga diperoleh posisi baru, kecuali untuk G_{best} posisinya tidak berubah karena tidak melakukan pergerakan, dan persamaan yang menentukan pergerakan adalah.

$$x'_i = x_i + \beta = \beta_0 e^{-\gamma r^2} (x_j - x_i) + \alpha (rand - \frac{1}{2}) \quad (7.5)$$

keterangan: x'_i = posisi kunang-kunang i yang baru

x_i = posisi kunang-kunang i sekarang ($i = 1, 2, \dots, n$)

x_j = posisi kunang-kunang j sekarang ($i = 1, 2, \dots, n$)

β_0 = daya tarik terhadap $r = 0$

γ = koefisien penyerapan cahaya [0-10]

α = Parameter pengacak [0-1]

$rand$ = nilai random [0-1]

8. Memperbarui posisi kunang-kunang yang sudah bergerak.

Perubahan posisi kunang-kunang Perubahan posisi kunang-kunag akan diurutkan dari yang terkecil hingga yang terbesar melalui aturan *Smallest Position Value (SPV)*, untuk mengubah setiap dimensi dalam nilai posisi kunang-kunang menjadi bentuk urutan permutasi sehingga terbentuk kandidat solusi yang baru.

9. Mengevaluasi nilai *fitness* kunang-kunang pada posisi baru.

Setelah mendapatkan dan ditempatkan pada posisi baru, nilai *fitness* yang dihasilkan dievaluasi kembali oleh kandidat solusi baru, dengan cara melakukan iterasi selanjutnya, sehingga didapatkan x_i baru = x_i lama.

10. Menentukan level kunang-kunang berdasarkan intensitas cahaya baru.

Nilai *fitness* yang dihasilkan oleh kandidat solusi yang baru tersebut akan digunakan sebagai nilai intensitas cahaya kunang-kunag yang baru, kemudian dibandingkan nilai kunang-kunang baru dengan kunang-kunang lama guna

menentukan kandidat solusi dengan rumus (7.1).

11. Mengecek parameter konvergen pada kandidat solusi.

Jika posisi kunang-kunang mencapai posisi tujuan atau posisi terbaik maka nilai kunang-kunang dikatakan konvergen, apabila nilai baru melebihi batas minimal pada masing-masing dimensi atau belum mencapai iterasi maksimum, kembali ke nilai posisi awal dan ulangi langkah awal dengan mencari kunang-kunang G_{best} baru sampai menemukan solusi terbaik atau iterasi selesai.

2.8 ST-Link V2

Karena Stm32 F103C8 merupakan tipe microcontroller yang bukan discovery (termulasi bersama downloader), maka dibutuhkan downloader untuk memasukkan program ke dalam mikrokontroller tersebut, dalam hal ini downloader yang digunakan adalah ST-Link V2. ST-Link V2 (Gambar 2.10) dapat digunakan untuk keluarga mikrokontroler Stm8 dan Stm32, Modul antar muka kawat tunggal (SWIM) dan JTAG / kawat serial debugging (SWD) interface, memudahkan komunikasi dengan Stm8 dan Stm32.



Gambar 2.10 ST-Link V2

Antarmuka kecepatan penuh USB memungkinkan komunikasi dengan PC dan:

- Perangkat Stm8 melalui perangkat ST Visual Develop (STVD) atau ST Visual Program (STVP) yang tersedia dari STmikroelektronik.
- Perangkat Stm32 melalui Atollic, IAR, Keil, yang merupakan aplikasi untuk memprogram Stm32.

Downloader ini mempunyai beberapa fitur yaitu:

- Daya 5 V yang disediakan oleh konektor USB.
- Antarmuka kompatibel USB 2.0 berkecepatan tinggi .
- Kabel USB standart A ke mini-B.
- Fitur SWIM dan JTAG / serial wire debugger (SWD).
- Fitur direct firmware update (DFU).
- Led status yang berkedip disaat berkomunikasi dengan PC.
- Suhu oprasi 0° sampai 50° C.



Maksimum Power Point Tracking (*MPPT*) Dengan Metode Firefly Yang Berbasis Mikrokontroler STM32 F103C8,
Mohammad Ali Firdaus 2019