

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian terdahulu

Pertama, penelitian yang pernah dilakukan Nanang Hadi Sodikin tahun 2015 [11]. Sebuah prototipe emulator sel surya menggunakan buck converter berbasis Arduino uno sebagai mikrokontroler. Mikrokontroler ini dapat mengontrol iradiasi dan suhu sesuai yang diinginkan tanpa meski dalam keadaan pagi, siang ataupun sore hari.

Kesamaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini meliputi:

1. Membuat rancang bangun prototipe emulator sel surya
2. Data yang diambil sama yaitu keluaran panel surya pada emulator

Perbedaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini :

1. Prototype emulator sel surya sebelumnya menggunakan mikrokontroler Arduino uno
2. Pada penelitian ini mikrokontroler yang digunakan yaitu STM32F103C8T6
3. Prototype yang digunakan dalam penelitian sebelumnya outputnya 75 watt
4. Prototype yang ini memiliki output sebesar 200 watt

Selanjutnya penelitian yang diselesaikan oleh Hilmansyah pada tahun 2020 [12]. Penelitian ini mengusulkan rancangan prototipe konverter arus searah ke arus searah (DC-DC) memanfaatkan mikrokontroler STM32F4 yang diimplementasikan melalui platform Matlab/Simulink. Optocoupler TLP521 digunakan sebagai tindakan perlindungan untuk rangkaian daya konverter buck dan rangkaian kontrol STM32F4. IGBT dengan nomor model FGH75T65UPD digunakan sebagai komponen switching, sedangkan IR 2111 berfungsi sebagai gate driver untuk IGBT. Penelitian yang dilakukan menghasilkan tegangan keluaran berkisar antara 3,5 V hingga 31,5 V.

Kesamaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini meliputi:

1. Membuat rancang bangun prototipe emulator sel surya
2. Pengambilan data dari prototipe emulator

Perbedaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini :

1. Penelitian sebelumnya menggunakan STM32F4 sebagai controller
2. Pada penelitian ini menggunakan STM32F103C8T6 sebagai kontrollernya
3. Untuk keluaran tegangan pada penelitian sebelumnya 105 watt
4. Pada penelitian ini tegangan keluarannya 200 watt

Selanjutnya penelitian yang diselesaikan oleh Hilmansyah pada tahun 2020 [13]. Diusulkan rancangan prototipe konverter arus searah ke arus searah (DC-DC) dengan memanfaatkan mikrokontroler STM32F4 dan dikembangkan menggunakan perangkat lunak Matlab/Simulink. Optocoupler TLP521 digunakan sebagai tindakan pengamanan pada rangkaian daya konverter buck dan rangkaian kontrol STM32F4. IGBT FGH75T65UPD digunakan sebagai komponen switching, sedangkan IR 2111 berfungsi sebagai gate driver untuk IGBT. Penelitian yang dilakukan menghasilkan tegangan keluaran berkisar antara 3,5 V hingga 31,5 V.

Kesamaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini meliputi:

1. Membuat rangkaian buck konverter
2. Pengambilan data dari simulasi

Perbedaan antara penelitian sebelumnya dan saat ini :

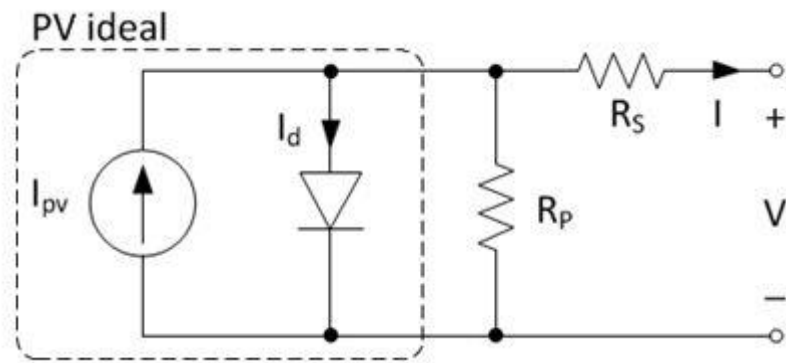
1. Pada penelitian sebelumnya digunakan resistor 30ohm untuk nilai keluran sebesar 12,03V
2. Pada penelitian ini menggunakan resistor 10 ohm untuk pengujian dan menghasilkan nilai keluaran sebesar 31,41V

2.2 Landasan Teori

Pada landasan teori menjelaskan mengenai konsep terkait dengan studi yang dilakukan. Penjelasan ini diharapkan dapat membantu peneliti dan pembaca dapat memahami konsep teori yang digunakan pada laporan penelitian ini.

2.2.1 Karakteristik Sel Surya

Gambar 2.2 menunjukkan komponen rangkaian ekuivalen sel surya, yang meliputi arus fotovoltaiik, dioda, resistansi seri (R_s), dan resistansi paralel (R_{sh}) [12].



Gambar 2.1 Rangkaian Ekivalen dari Sel Surya

Arus foto, juga dikenal sebagai arus yang dihasilkan cahaya (I_{ph}), menunjukkan hubungan linier dengan radiasi matahari dan dipengaruhi oleh suhu penerapannya. Resistansi R_{sh} dan R_s mewakili resistansi paralel dan seri yang melekat pada sel. Persamaan tersebut menjelaskan prinsip dasar rangkaian ekuivalen sel surya tersebut di atas, yaitu:

$$I_{pv} = I_{ph} - I_D - I_{rsh}$$

Persamaan tersebut dapat dijabarkan dengan persamaan berikut :

$$I_{ph} = N_p I_{ph} - N_p I_s \left(\exp \frac{q(V_{pv} + I_{pv} R_s)}{N_s n k T_c} - 1 \right) - \frac{V_{pv} + I_{pv} R_s}{R_{sh}}$$

Penjabaran dari persamaan (2) di atas sebagai berikut:

Arus photovoltaic, I_{ph} ,

$$I_{ph} = [I_{sc} + K_i(T_c - T_{ref})] \frac{\beta}{\beta_{ref}}$$

Arus saturasi sel surya, I_s ,

$$I_s = I_{rs} \left[\frac{T_c}{T_{ref}} \right]^3 \exp \left[\frac{q E_g}{n k} \left\{ \frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_c} \right\} \right]$$

Arus gelap saturasi, I_{rs} ,

$$I_{rs} = I_{sc-ref} / \left[\exp(q V_{oc-ref} / N_s k n T_{ref}) - 1 \right]$$

Hambatan Seri, R_s :

$$R_s = \frac{N_s n k T_c I_n \left(1 - \frac{I_m}{I_{sc}} \right) + V_{oc} - V_m}{I_m}$$

Ideal Faktor, n :

$$n = \frac{q(2V_m - V_{oc})}{N_s k T \left(\frac{I_{sc}}{I_{sc} - I_m} + \ln \left(1 - \frac{I_m}{I_{sc}} \right) \right)}$$

Hambatan shunt,

$$R_{sh} = \frac{0.5V_{oc} - V_{sc}}{I_{sc} - I_x}$$

Dimana :

I = Arus photovoltaic

I_{ph} = Photocurrent

I_{rsh} = Arus hambatan shunt

I_s = Arus saturasi sel surya

q = Elektron = 1.6×10^{-19} C

V_{pv} = Tegangan pada sel

T_c = Suhu kerja sel

R_s = Hambatan seri

R_{sh} = Hambatan shunt

n = Faktor ideal

k = Konstanta Boltzmann = 1.38×10^{-23} J/K

N_s = Jumlah sel surya yang disusun seri

N_p = Jumlah sel surya yang disusun Paralel

β = Solar irradiance

β_{ref} = Solar irradiance reference = 1000 W/m²

K_i = Koefisien suhu dari arus I_{sc}

I_{sc} = Arus hubung singkat pada suhu kerja

T_{ref} = Suhu referensi = 25 °C = 298 K

I_{rs} = Arus saturasi gelap

I_{sc-ref} = Arus hubung singkat pada standar test condition

V_{oc-ref} = Tegangan hubung singkat pada standar test condition

V_m = Tegangan maksimum sel surya

V_{oc} = Tegangan open circuit sel surya

V_{sc} = Tegangan short circuit sel surya

I_x = Arus pada hambatan shunt

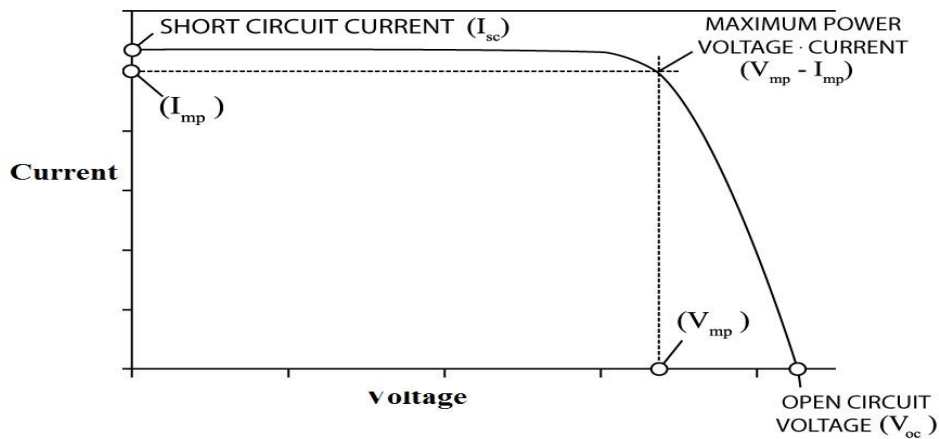
Adapun spesifikasi panel surya yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini ditunjukkan pada gambar dibawah 2.2 Berikut:

Max. Power (Pmax)	200Wp
Optimum Operating Voltage (Vm)	30.3V
Optimum Operating Current (Im)	6.61A
Open-circuit Voltage (Voc)	35.7V
Short-circuit Current (Isc)	7.22A
Module efficiency	15.3%
Solar cell	Poly-crystalline 156.75×125.5mm
Power Tolerance (Pmax)	0 ~ +3%
Numbers of cells	60pcs of cells in series
Module Dimension	1320 x 992 x 35 mm
Weight	14.2 Kg
Max. System Voltage	1000VDC
Max. Series Fuse Rating	-
Temperature cycling range	-40°C ~ +85°C
NOTC	47°C
Temperature coefficients of Isc	(+0.06% / °C)
Temperature coefficients of Voc	(-0.35% / °C)
Temperature coefficients of Pmax	(-0.4% / °C)
Load Capacity	480 pcs / 20'GP 960 pcs / 40'HQ

Gambar 2.2 Spesifikasi Sel Surya 200 watt

2.2.2 Kurva Karakteristik Sel Surya

Sel surya memiliki kurva karakteristik yang berbeda, yang dikenal sebagai kurva arus-tegangan (I-V), yang menggambarkan korelasi antara arus dan tegangan keluaran. Selain itu, kurva tegangan daya (P-V) menggambarkan hubungan antara daya dan tegangan keluaran sel surya. Kurva yang digambarkan pada Gambar 2.3 disajikan di bawah ini:

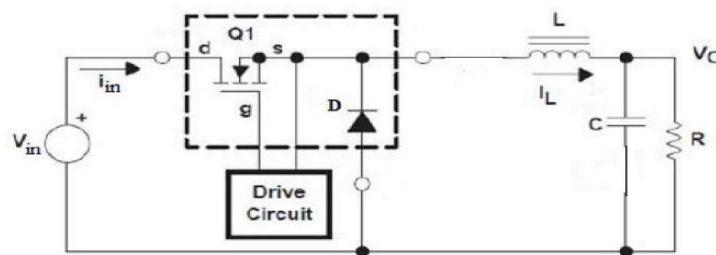


Gambar 2.3 Kurva Karakteristik Sel Surya

Dalam skenario ketika resistansi sangat tinggi, sehingga mengakibatkan rangkaian terbuka, arus yang mengalir melalui rangkaian mencapai nilai minimum nol. Pada saat yang sama, tegangan pada sel mencapai nilai terbesarnya, yang disebut sebagai tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}). Dalam kondisi yang berbeda, yaitu ketika resistansi dikurangi menjadi nol, yang biasa disebut hubung singkat, arus yang mengalir melalui rangkaian mencapai nilai maksimumnya. Arus maksimum ini dikenal sebagai arus hubung singkat (I_{sc}). Selain itu, terdapat nilai daya maksimum yang dilambangkan dengan P_m , yang dapat dibangkitkan pada tegangan maksimum V_m dan arus maksimum I_m . Titik Daya Maksimum (MPP) adalah titik spesifik di mana nilai arus dan tegangan berpotongan untuk menghasilkan keluaran daya tertinggi [14].

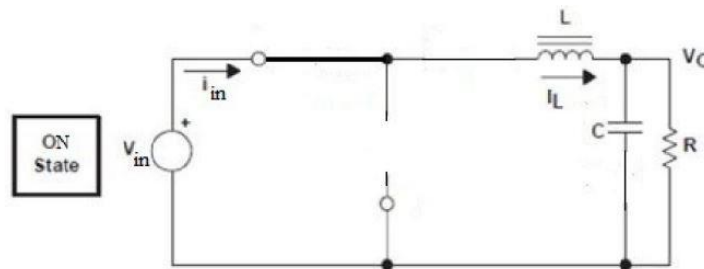
2.2.3 Buck Converter

Konverter buck adalah jenis konverter DC-DC yang beroperasi dengan menurunkan tegangan. Rangkaian yang digambarkan pada Gambar 2.4 mewakili konverter buck:



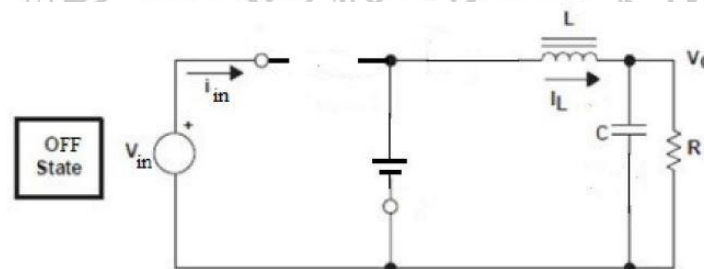
Gambar 2.4 Rangkaian Buck pada saat State ON

Gambar 4 menggambarkan keadaan operasional rangkaian buck yaitu pada keadaan ON dan OFF untuk memudahkan proses analisa:



Gambar 2.5 Rangkaian Buck pada saat State ON

Ketika saklar Q1 dalam keadaan ON, maka saklar tersebut akan beroperasi sebagai saklar yang menutup, sehingga memungkinkan arus mengalir selama durasi dt . Selama waktu ini, arus dari sumber tegangan V_{in} akan melewati induktor L , beban, dan kemudian kembali ke sumber. Arus yang mengalir melalui induktor menunjukkan pertumbuhan linier karena tegangan konstan yang melewatinya.



Gambra 2.6 Rangkaian Buck pada saat State OFF

Ketika Q1 dalam keadaan OFF, maka menjadi terbuka, sehingga mencegah aliran arus dari sumber input melalui saklar ini. Induktor dan kapasitor berfungsi sebagai sumber utama tegangan keluaran, dengan aktifnya dioda D . Aliran arus listrik berasal dari induktor L , melewati dioda, dan kembali ke induktor L melalui beban. Tegangan induktor besarnya lebih rendah selama keadaan OFF dibandingkan dengan keadaan ON, dan tetap konstan. Akibatnya, arus yang mengalir melalui induktor akan mengalami reduksi linier [15]. Nilai tegangan masukan yang dihasilkan dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$V_0 = D \cdot V_{in}$$

Untuk merumuskan desain konverter, penting untuk memastikan banyak variabel kunci, termasuk tegangan masukan, tegangan keluaran, arus keluaran, dan frekuensi switching. Penentuan nilai induktor dan kapasitor dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$L = \frac{V_{in}D(1 - D)}{f\Delta I_L}$$

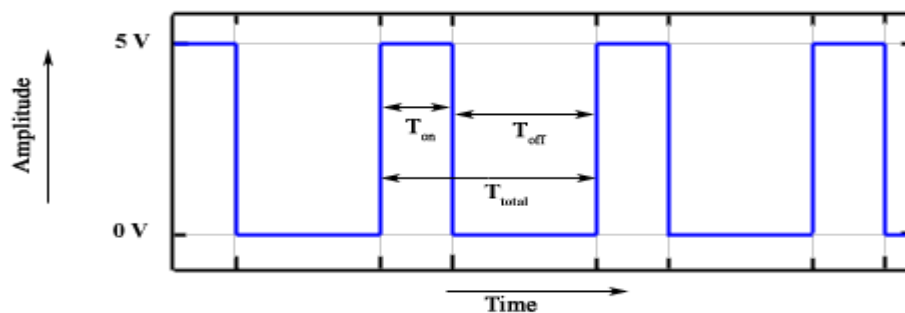
$$C = \frac{V_{in}D(1 - D)}{8L\Delta V f^2}$$

Dimana :

- V_0 = Tegangan Keluaran
- V_{in} = Tegangan Masukan
- D = Duty cycle
- L = Nilai inductor
- ΔI_L = Ripple arus
- F = Frekuensi
- C = Milai Kapasitor
- ΔV = Ripple tegangan

2.2.4 Pulse Width Modulation (PWM)

Modulasi lebar pulsa (PWM) adalah teknologi ampuh yang digunakan dalam bidang sistem kontrol. Pengaturan lebar modulasi dapat diterapkan di berbagai domain, termasuk kontrol kecepatan, kontrol sistem tenaga, pengukuran, instrumentasi, dan telekomunikasi. Modulasi lebar pulsa (PWM) dilakukan dengan pemanfaatan gelombang persegi yang ditandai dengan siklus kerja 15%. Modulasi Lebar Pulsa (PWM) melibatkan peralihan berkala antara keadaan dihidupkan dan dimatikan. Aspek krusialnya adalah menentukan durasi periode ON dan OFF.

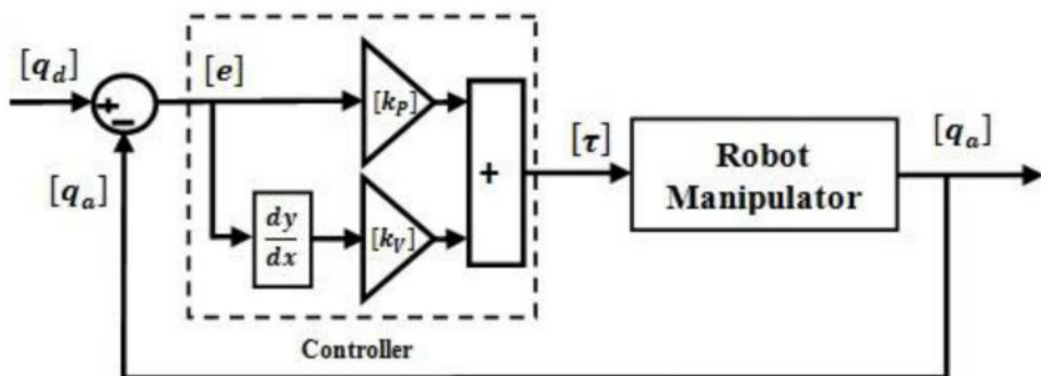


Gambar 2.7 Gelombang Pulse Width Modulation (PWM)

2.2.5 Kontrol PI (Proportional Integral)

Pengendalian PI merupakan strategi pengendalian yang mencakup pengendalian proporsional dan pengendalian integral. Pemanfaatan kendali proporsional-integral (PI) sangat cocok untuk sistem yang mengutamakan akurasi pada kondisi tunak, dibandingkan stabilitas sistem. Dengan memilih parameter K_p dan K_i secara tepat, sistem dapat menunjukkan respons yang cepat dan secara efektif menghilangkan kesalahan kondisi tunak [16]. Salah satu kelemahan yang terkait dengan mekanisme kontrol ini adalah bahwa mekanisme ini menunjukkan keterlambatan dalam mencapai keadaan stabil ketika mengalami gangguan, perubahan pada titik setel, atau selama kondisi awal, sebagian besar disebabkan oleh adanya osilasi. Persamaan matematis kendali proporsional-integral (PI) adalah sebagai berikut:

$$PI(t) = K_p e(t) + K_d \frac{de(t)}{dt}$$



Gambar 2.8 Blok diagram kontrol Proportional Integral

2.2.6 Power Supply

Catu daya yang digunakan dalam sistem Emulator Sel Surya 200 Watt ini menggunakan catu daya yang dapat menyuplai sistem Buck Converter pada emulator sebesar 600 Watt maksimum untuk keluaran utama, sedangkan untuk keluaran tambahannya memiliki daya sekitar 30 Watt digunakan untuk mensupply Mikrokontroler dan LCD.



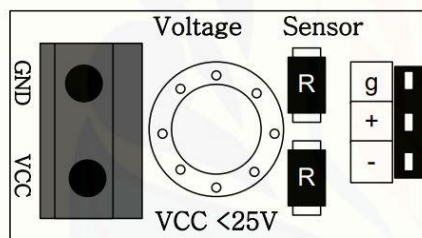
Gambar 2.9 Power Supply

2.2.7 Sensor Tegangan

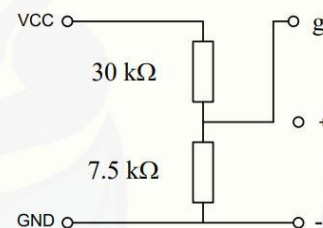
Sensor tegangan merupakan suatu modul yang berfungsi sebagai pembagi tegangan sehingga memungkinkan terjadinya konversi tegangan yang diukur ke bentuk yang sesuai untuk masukan ke pin pengontrol. Pin pengontrol dilengkapi dengan analog to digital converter (ADC) untuk memudahkan proses konversi ini.



Gambar 2.10 Sensor Tegangan



(a)



(b)

Gambar (a) menggambarkan modul sensor yang berfungsi sebagai pembagi tegangan, sedangkan Gambar (b) menyajikan diagram skematik yang menggambarkan komponen dan koneksi sensor. Terminal VCC dan GND berhubungan dengan terminal tegangan yang dimaksudkan untuk pengukuran, sedangkan pin ping, +, dan - ditujukan untuk koneksi ke terminal pengontrol ADC[17].

2.2.8 Sensor Arus

Sensor arus adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur besarnya arus listrik yang mengalir melalui suatu rangkaian. ACS712 adalah sensor arus yang banyak digunakan dan berfungsi sebagai contoh di lapangan. ACS712 adalah modul sensor arus yang beroperasi berdasarkan prinsip efek medan [18]. Sensor arus ACS712 mampu mengukur arus bolak-balik (AC) dan arus searah (DC). Modul sensor arus ACS712 dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga meningkatkan sensitivitas pengukuran arus dan memungkinkan deteksi fluktuasi arus yang relatif kecil. Pemanfaatan sensor khusus ini sering diamati di banyak konteks industri, komersial, dan komunikasi. Contoh aplikasi mencakup sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor yang digunakan dalam mengalihkan pasokan daya, sensor yang digunakan untuk perlindungan arus lebih, dan kasus penggunaan serupa lainnya [19].

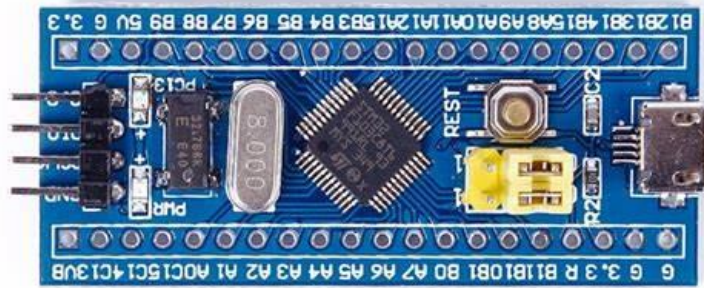


Gambar 2.11 Sensor Arus ACS712

2.2.9 STM32F103C8T6

STM32F103C8T6 adalah papan pengontrol mikro yang dirancang untuk digunakan dalam inisiatif perangkat lunak sumber terbuka. Tujuan utama mikrokontroler STM32F103 adalah untuk memungkinkan penerapan sistem elektronik di beberapa domain. Mikrokontroler STM32F103 menggabungkan komponen fisik yang menggunakan CPU Atmel AVR. Perangkat lunak yang terkait dengan STM32F103C8T6 mencakup serangkaian alat, termasuk lingkungan pengembangan terintegrasi (IDE), editor teks, kompiler, Serial Monitor, dan Serial ISP Programmer. Desain mikrokontroler melalui prototipe printed circuit board (PCB), periferal dan chip dirakit untuk mereset server dari chip relay. Koneksi dan komunikasi data antara mikrokontroler dan server adalah melalui universal serial bus (USB) dan koneksi J-link. Desainnya juga menggunakan algoritma enkripsi AES256 untuk melindungi data sistem. Hasil simulasi menunjukkan bahwa setelah

server crash, ia dapat dengan mudah restart dan berjalan, menghindari kerepotan dengan asuransi melindungi inti data sistem.



Gambar 2.12 STM32F103C8T6

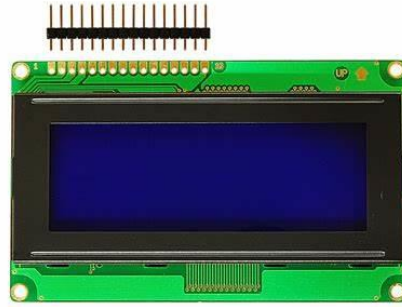
Fitur singkat STM32F103C8T6 adalah sebagai berikut:

- ARM Cortex M3
- 72 MHz
- 64 KB/128 KB Flash
- 20 KB RAM
- Reset button
- LED on PIN PC13
- 32 kHz Real time clock crystal
- Jump links on Boot0 and Boot1
- Micro USB connector for power and data
- ST-Link header on the top of the board.
- 32 pin GPIO
- 10 pin ADC
- USART, SPI, I2C, CAN BUS, USB

2.2.10 Liquid Crystal Display

LCD (Liquid Crystal Display) adalah suatu bentuk teknologi tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai media utama untuk representasi visual. Layar kristal cair (LCD) memiliki kemampuan untuk menampilkan konten visual, seperti gambar atau teks, karena adanya beberapa titik cahaya individual, yang biasa disebut piksel. Setiap piksel terdiri dari kristal cair tunggal, yang berfungsi sebagai sumber penerangan berbeda. Meskipun disebut sebagai "titik cahaya", penting untuk dicatat bahwa kristal cair ini tidak memiliki kemampuan untuk memancarkan cahaya sendiri. Sumber cahaya yang digunakan pada perangkat LCD terdiri dari lampu neon putih yang ditempatkan di bagian belakang susunan kristal cair. Tampilan gambar terdiri dari banyak titik cahaya, yang jumlahnya bisa berkisar

puluhan ribu atau bahkan jutaan. Orientasi kutub kristal cair yang dilalui arus listrik akan mengalami perubahan akibat dampak polarisasi medan magnet yang timbul. Oleh karena itu, ini hanya akan membiarkan warna-warna tertentu bertahan. Sebaliknya, warna yang tersisa mengalami penyaringan. Pemanfaatan karakter dalam suatu program bertujuan untuk menyampaikan informasi tentang berbagai prosedur dan pengendalian yang diterapkan dalam program tersebut [15].



Gambar 2.13 LCD 20x4

2.2.11 Dummy Load

Dummy Load digunakan sebagai beban pada emulator panel surya, komponen yang digunakan sebagai beban adalah Power Resistor 250 Watt 25 ohm. Kekurangan dari komponen ini adalah harganya yang mahal.

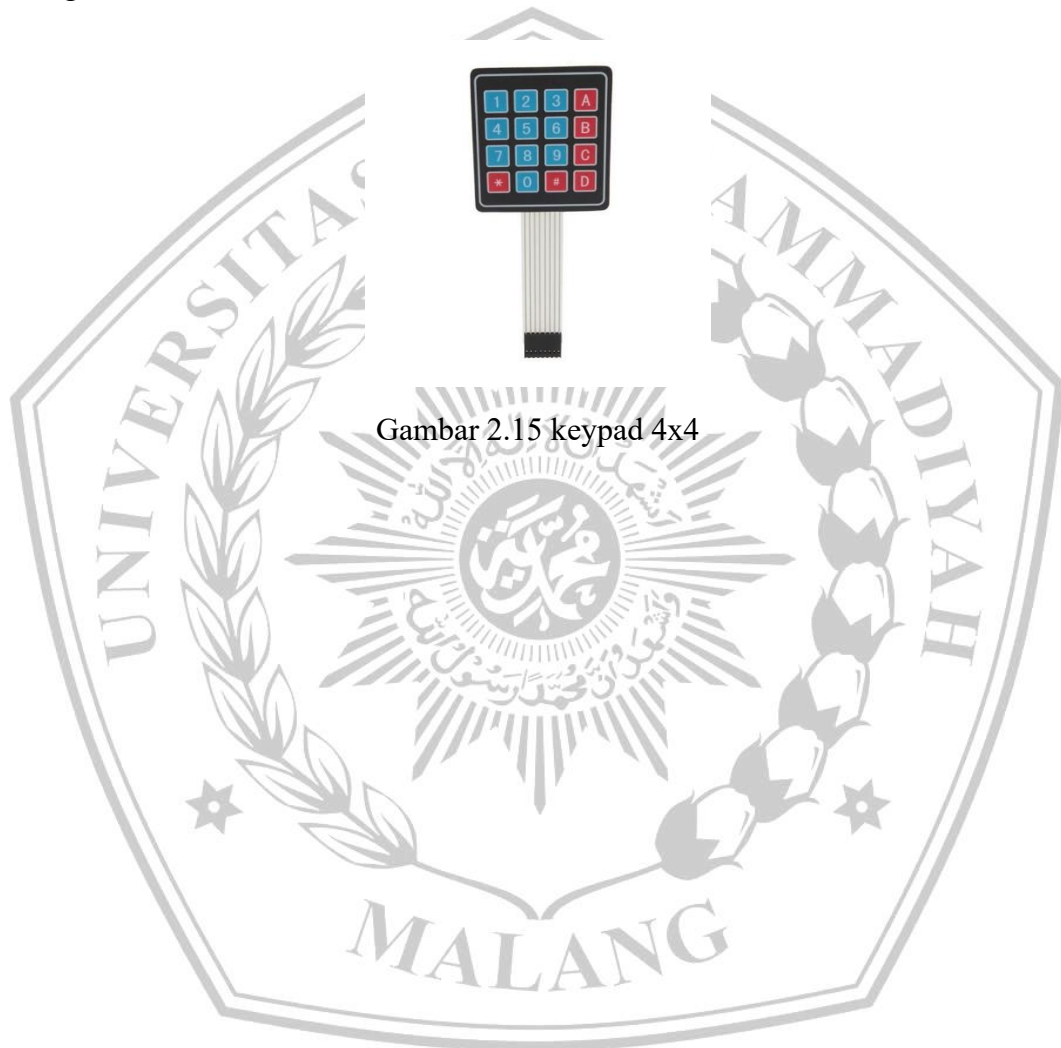


Gambar 2.14 Dummy Beban (Load)

2.2.12 Keypad 4x4

Keypad 4x4 adalah 16 buah saklar yang dibentuk matrik¹²³. Keypad ini digunakan sebagai perangkat input dan biasanya digunakan untuk memberikan nilai input pada sebuah proyek². Keypad 4x4 hanya membutuhkan 8 pin GPIO dari

sebuah mikrokontroler². Untuk mengoperasikan keypad 4x4 dengan metode scanning, perlu diterapkan logika 0 (0V) pada setiap baris (kolom) secara berurutan. Ini melibatkan pengaturan setiap baris (kolom) ke logika 0 dan selanjutnya mengatur semua kolom ke logika 1. Setelah ini, langkah berikut melibatkan pengujian logika setiap kolom (baris). Intinya, adanya pembacaan logika 0 (0V) pada kolom (baris) tertentu menunjukkan bahwa kolom (baris) tersebut sedang mengalami tekanan.



Gambar 2.15 keypad 4x4