

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1. TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam memperoleh informasi untuk menyusun laporan penelitian, penulis menggunakan studi pustaka, dan studi lewat internet. Penulis mencari sumber-sumber tertulis buku dan jurnal mengenai sistem dengan pengendalian suhu pada rumah kaca, *Model Predictive Controller*, modul sensor pengendali temperature dan beberapa jurnal pendukung lainnya. Dalam pelaksanaan penelitian ini penulis mengambil refresensi dari beberapa penelitian terdahulu.

Sistem pengaturan suhu, kelembaban dan intensitas cahaya pada rumah kaca menggunakan mikrontroler, sehingga memudahkan pemrograman terhadap kondisi tanaman dengan berbagai parameter yang berbeda juga. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa alat tersebut dapat mengontrol parameter-parameter yang diinginkan sesuai dengan program, dan mampu mengurangi efek kondisi cuaca di luar rumah kaca [1]. Dalam menanam tanaman hias Sukulen dalam ruangan, hal yang harus diperhatikan adalah suhu. Sukulen dapat tumbuh dan hidup pada suhu sekitar 30°C sampai 40°C tanpa kerusakan [4].

National Instrument MyDAQ adalah salah satu komponen Labview dengan perangkat portabel yang berbiaya rendah dan salah satu perangkat pengolah data digital to analog dan analog to digital. Cara penggunaan NI MyDAQ dan pemograman terbilang cukup mudah dikarenakan berbasis grafis. Software yang digunakan adalah LabView yang juga dikeluarkan oleh National Instrument. Alat ini juga bisa digunakan untuk mengontrol PLC, Mikrokontroler dan Arduino. Dalam penelitian ini digunakan NI-DAQ USB 6008 sebagai pembentuk komponen Master dan Slave. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa rangkaian non inverting op-amp, PWM Analog, Driver Motor DC Half Bridge, dan Rotary Encoder dapat berjalan dengan baik, serta power supply yang dapat mengeluarkan  $\pm 12$  VDC dan 5 VDC [5].

Pada penelitian implementasi kendali prediktif untuk sistem pemanas udara, bertujuan untuk mendapatkan settling time yang kurang dari 90 [s]. Kendali prediktif pada sistem tersebut digunakan untuk menangani saturasi aktuator. Kemampuan mengestimasi keluaran sistem memudahkan kendali prediktif menentukan sinyal kendali yang optimal sesuai dengan cost function yang digunakan [6].

Sistem pengaturan serta monitoring temperatur berbasis PC menggunakan LabView dan NI-DAQ 6008 sebagai komunikasi data antara PC dan sistem yang dikendalikan. Sistem pengendali dan monitoring temperatur ini merupakan prototipe yang untuk mengendalikan temperatur ruang oven menggunakan pengendali PID dan sensor temperatur yang digunakan adalah LM35. Pada Sistem ini, selain dilakukan pengontrolan temperature dari pemanas, proses yang terjadi dalam system juga dapat di tampilkan pada layar monitor berupa data tabel dan grafik. Sehingga selain memberikan keuntungan dalam hal efisiensi, keamanan, dan ketelitian, perubahan temperature dalam ruangan pun bisa dipantau perubahannya serta tercatat dalam memori komputer [5].

Dalam penelitian satu ini menjelaskan tentang pengendali intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan pada rumah kaca dengan metode PID. Perancangan pada penelitian ini terdiri dari dua tahap yaitu tahap perancangan *hardware* dan *software*. *Hardware* yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah sensor SHT11 untuk mengukur kelembapan dan suhu, sensor LDR untuk mengukur intensitas cahaya, mikrokontroler ATmega32 sebagai pengendali sistem secara keseluruhan, dan beberapa aktuator sebagai pengendali dan menjaga kestabilan di dalam rumah kaca. *Software* pada alat ini menggunakan Bahasa pemograman Bascom AVR [2].

Penelitian ini berkaitan dengan desain dan implementasi Model Predictive Control (MPC) kinerja tinggi untuk menstabilkan output DC dari konverter AC-DC. Sistem ini terdiri dari mesin sinkron magnet permanen yang digerakkan langsung oleh penggerak utama (yaitu mesin pembakaran internal, turbin gas, dll. dan konverter daya AC-DC. Dalam aplikasi seperti

itu, struktur kontrol harus dapat mengatur tegangan DC. Desain lengkap dari *Model Predictive Control* dijelaskan dan diuji, dengan mengacu pada internal generasi referensi dan implementasi FPGA. Sistem ditandai dengan perilaku non-linear, pendekatan MPC dianggap sangat cocok untuk mengatasi masalah tersebut [7].

Pada penelitian *Model Predictive Control* (MPC) Pada Non Konvensional Kolom *Rectifier*, Konfigurasi non konvensional kolom *rectifier* merupakan kolom distilasi yang mana pada bagian kolom tersebut tidak menggunakan reboiler tetapi menggunakan panas dari side kolom yang lain sehingga kolom bias meminimalisasi beban pemanasan. Strategi pengendalian proses pada plant konfigurasi non konvensional kolom *rectifier* menggunakan sistem kendali *Model Predictive Control* dan bertujuan melakukan pengendali proses *tracking set point* dan *rejecting disturbance* [8].

## **2.2. DASAR TEORI**

### **2.2.1. Sistem Rumah Kaca**

Sistem rumah kaca merupakan sebuah tempat yang terbuat dari kaca yang digunakan sebagai tempat untuk budidaya suatu tanaman dengan beberapa pengaturan variabel di dalam rumah kaca. Variabel-variabel pokok tersebut dikontrol dengan sistem pengendali, dalam rumah kaca itu sendiri variabel yang diatur yaitu; temperatur, kelembaban udara, dan intensitas cahaya [1].

Rumah kaca merupakan media yang digunakan untuk mengendalikan dan menjaga keadaan iklim, serta lingkungan di dalam suatu ruangan atau bisa disebut dengan iklim buatan untuk menjaga kelembaban udara, tanah, suhu, dan intensitas cahaya. Rumah kaca memiliki bentuk yang menyerupai dengan rumah-rumahan yang tertutup dan transparan yang bisa ditembus oleh cahaya matahari [2].

### **2.2.2. Model Predictive Controller (MPC)**

*Model Predictive Controller* adalah salah satu metode prediktif yang dapat mengetahui dinamika *plant* secara *realtime* dan memberikan sinyal

kontrol yang sesuai untuk setiap perubahan dinamika tersebut. Berbeda dengan metode kompensasi waktu tunda, dimana MPC dibuat untuk lebih dari satu waktu tunda kedepan. Perhitungan aksi kontrol berdasarkan pada prediksi yang akan datang dan pengukuran saat ini [9].

$$V(k) = \sum_{i=1}^{Hp} \left\| \hat{y}(k+i|k) - r(k+i|k) \right\|_{Q(i)}^2 + \sum_{i=0}^{Hu} \left\| \Delta u(k+i|k) \right\|_{R(i)}^2 \quad (1)$$

$\hat{y}(k+i|k)$  = keluaran terprediksi untuk  $i$ -langkah ke depan

$r(k+i|k)$  = nilai acuan (*reference trajectory*)

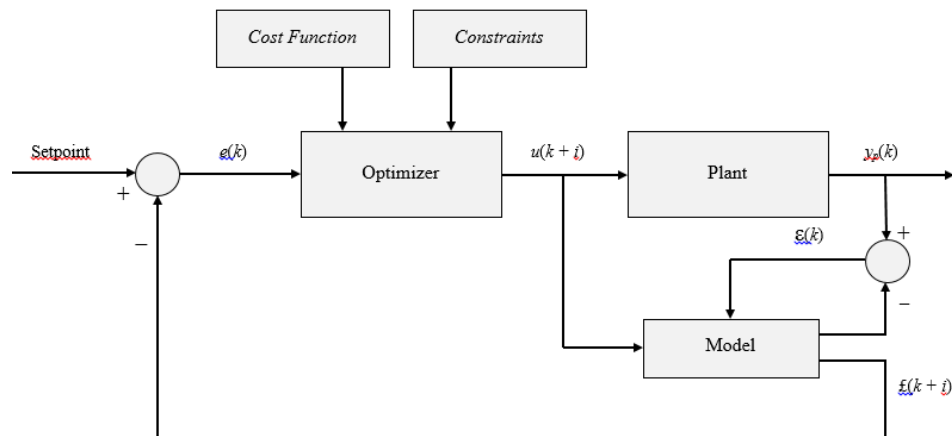
$Q(i), R(i)$  = faktor bobot

$\Delta u(k+i|k)$  = perubahan nilai sinyal masukan

$Hu$  = rentang waktu pengendalian (*control horizon*)

$Hp$  = rentang waktu prediksi (*prediction horizon*)

*Model Predictive Controller* adalah metode perancangan kontrol dengan menggunakan model dan optimasi secara bersamaan. Dengan menggunakan model sistem, kendali prediktif akan mengestimasi perilaku sistem jika diberi sinyal kendali yang telah memenuhi keinginan *cost function*. Kendali prediktif sangat unggul dalam menangani limitasi aktuator dan ketidaksempurnaan model matematis sistem [6].



Gambar 2.1. Struktur Dasar MPC

Struktur dasar dari pengendali MPC dapat dilihat pada Gambar 2.1. Kendali prediktif yang diajukan memiliki *cost function*: dimana  $e(k)$  adalah

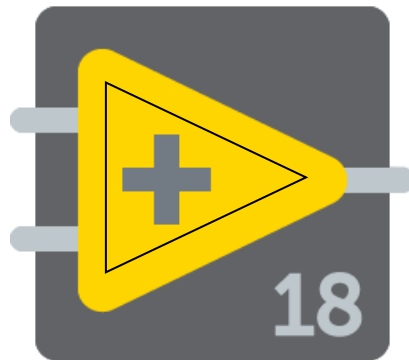
sinyal error ke  $k$  yang merupakan selisih antara temperatur yang terukur saat  $k$  pada sistem dengan target ke  $k$  [6]:

$$e(k) = SP(k) - y(k), \quad (2)$$

$u(k)$  adalah sinyal kendali ke  $k$  dan  $\Delta u(k)$  adalah kecepatan perubahan sinyal kendali saat ke  $k$ . Nilai  $u(k)$  dibatasi pada range 0-5. Variabel  $NP$  adalah *prediction horizon* yang digunakan untuk menentukan sejauh manakah prediksi sistem harus dilakukan jika diberikan input dari hasil optimasi. Hasil dari persamaan adalah sinyal kendali yang meminimalkan *cost function* dengan susunan [6]:

$$k + 1, u_{k+2}, \dots, u(k + Nc). \quad (3)$$

### 2.2.3. Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (LabVIEW)



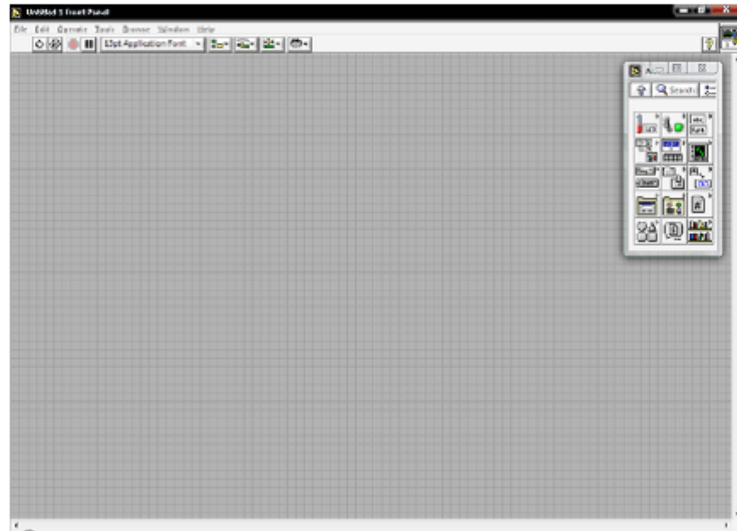
Gambar 2.2. LabVIEW 2018

LabVIEW (*Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench*) adalah sebuah *software* pemrograman yang diproduksi oleh National *instruments* dengan menggunakan bahasa pemrograman berbasis grafis atau blok diagram. Program LabView dikenal dengan sebutan Vi atau *Virtual instruments* karena penampilannya dan operasinya dapat meniru sebuah *instrument*. Pada LabView, *user* pertama-tama membuat *user interface* atau *front panel* dengan menggunakan *control* dan indikator, yang dimaksud dengan *control* adalah *knobs*, *push buttons*, *dials* dan peralatan input lainnya sedangkan yang dimaksud dengan indikator adalah *graphs*, LEDs dan peralatan *display* lainnya [3].

Software LabVIEW terdiri dari tiga komponen utama, yaitu :

- *Front Panel*

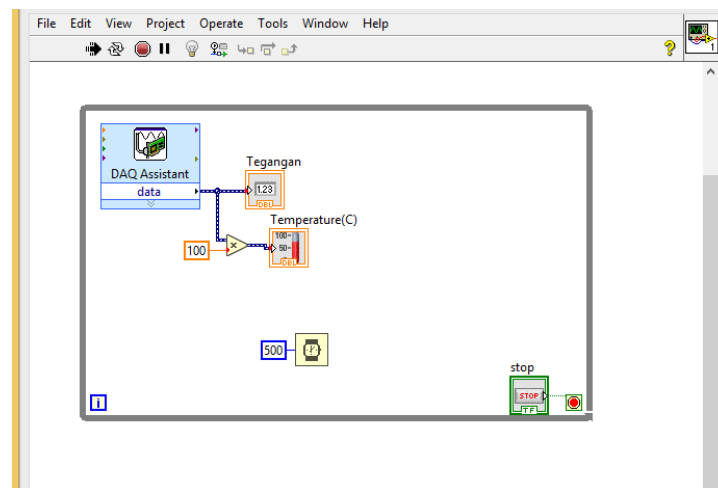
*Front Panel* adalah bagian *window* yang berlatar belakang abu-abu serta mengandung *control* dan indikator. *Front Panel* digunakan untuk membangun sebuah VI, menjalankan program dan *mendebug* program.



Gambar 2.3. *Front Panel* LabView

- *Blok Diagram*

Blok diagram adalah bagian *window* yang berlatar belakang putih berisi *source code* yang dibuat dan berfungsi sebagai instruksi untuk *front panel*.

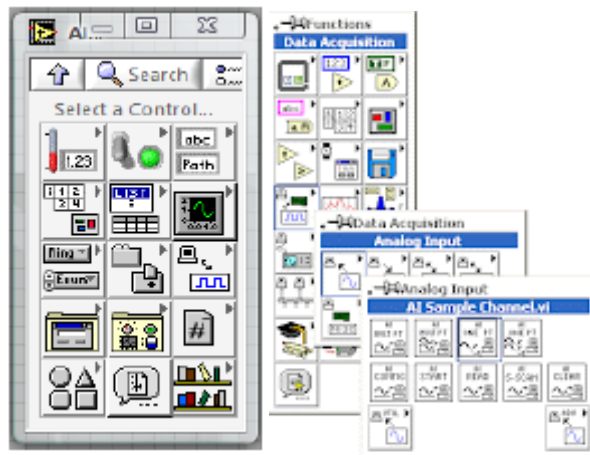


Gambar 2.4. *Blok Diagram* LabView

- *Control dan Functions Pallette*

*Control Pallette* merupakan tempat beberapa *control* dan indikator pada *front panel*, *control pallette* hanya tersedia di *front panel*. Sedangkan

*Functions Palette* di gunakan untuk membangun sebuah blok diagram, *functions palette* hanya tersedia pada blok diagram [10].



Gambar 2.5. *Control dan Functions Palette* LabView

#### 2.2.4. National Instrumen MyDAQ USB 6008

MyDAQ adalah perangkat akuisisi data dengan harga yang rendah yang menggunakan instrumen software berbasis NI Labview dimana memberikan kemampuan untuk mengukur dan menganalisa sinyal langsung dimanapun dan kapanpun. NI MyDAQ sangat ideal untuk mengeksplorasi pengukuran sensor elektronik dan pengambilan. Dikombinasikan dengan NI Labview di komputer dapat menganalisis dan memproses sinyal yang didapat dan mengendalikan proses sederhana kapanpun dan dimanapun [11].



Gambar 2.6. NI MyDAQ USB 6008

NI-MyDAQ USB 6008 adalah salah satu perangkat pengolah data digital to analog dan analog to digital yang diproduksi oleh Nasional Instrument. Cara penggunaannya dan pemrograman terbilang cukup mudah dikarenakan berbasis grafis. Software yang digunakan adalah LabView, alat ini juga bisa digunakan untuk mengontrol PLC, Mikrokontroler dan Arduino. Analog output dari NIUSB 6008 diberi penguatan dua kali untuk disambungkan pada analog input *variable speed drive*, sehingga dapat dikontrol pada komputer dengan perangkat lunak bernama LabView [5].

Spesifikasi dari NI-DAQ USB 6008 sebagai *hardware* sistem pengontrol dan monitoring diantaranya sebagai berikut [5]:

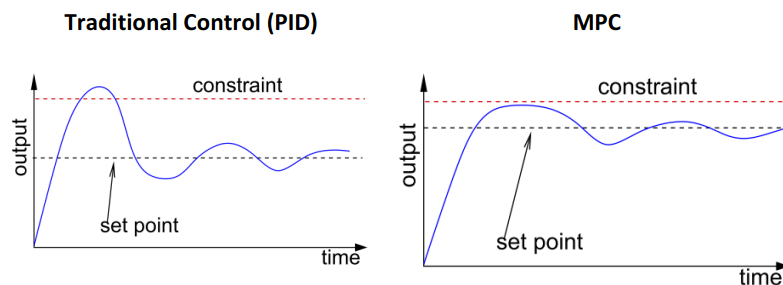
1. Merek : National Instrument
2. Tipe : 6008
3. Analog Input: 8 SE/4 DI
4. Input Range (V):  $\pm 1$  to  $\pm 10$
5. Input Resolutions (bits): 12
6. Max Sampling Rate (kS/s): 10
7. Analog Outputs: 2
8. Output Resolutions (bits): 12
9. Output Rate (Hz): 150
10. Output Range (V): 0 to 5
11. Digital I/O Lines: 12
12. 32-Bit Counter: 1
13. Trigger: Digital
14. Bus: USB

#### **2.2.5. MPC vs Traditional Control (PID)**

PID (*Proportional Integral Derivative*) merupakan sebuah sistem kendali *closed loop* yang cukup sederhana serta mempunyai performa yang bagus. Tetapi sistem kendali ini tidak dapat bekerja dengan baik apabila terjadi ketidakpastian dan ketidaklinieran pada sistem. Sistem kendali PID terdiri dari tiga macam kendali, yaitu kendali P (*Proportional*), D (*Derivative*) dan I (*Integral*), dengan masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan [12].



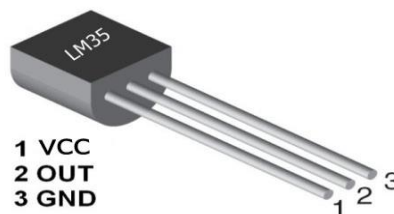
MPC (*Model Predictive Controller*) adalah metode prediktif untuk mengetahui dinamika *plant* secara *realtime* dan memberikan sinyal kontrol yang sesuai untuk setiap perubahan dinamika tersebut. Berbeda dengan metode PID, dimana MPC dibuat untuk lebih dari satu waktu tunda kedepan. Pada pabrik besar MPC bukan pengganti PID tradisional, tetapi digunakan sebagai tambahan untuk pengontrol PID. Kontroler PID digunakan sebagai pengontrol loop tunggal, sedangkan MPC digunakan sebagai sistem secara keseluruhan. PID hanya menangani satu input dan satu output (SISO sistem), sedangkan MPC adalah metode kontrol proses yang lebih canggih yang digunakan untuk sistem MIMO (Multiple Inputs, Multiple Outputs) [13].



Gambar 2.7. MPC vs. Traditional Control (PID)

### 2.2.6. Sensor LM35

Sensor suhu LM35 merupakan sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah besaran suhu, sehingga menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan [14].



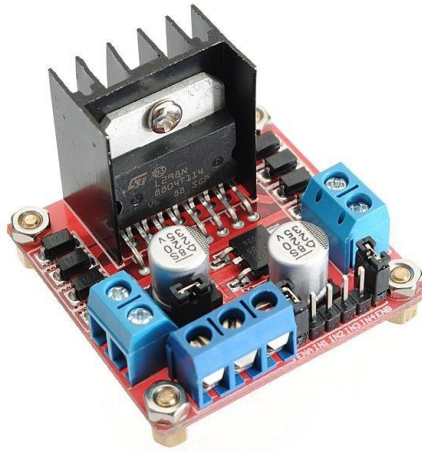
Gambar 2.8. Sensor LM35

Sensor LM35 bekerja dengan mengubah besaran suhu menjadi besaran tegangan. LM35 berfungsi untuk melakukan pendeteksian terhadap suhu yang akan diukur, Sensor suhu LM35 ini mempunyai jangkauan pengukuran suhu antara 0 °C – 100° C dengan kenaikan 10 mV untuk tiap derajat celcius. Sensor Suhu LM35 ini tidak memerlukan peng kalibrasian atau penyetelan dari luar karena ketelitiannya sampai  $\pm \frac{1}{4}$  °C pada temperatur ruang. Komponen ini bekerja pada arus 60  $\mu$ A sampai 5 mA serta mempunyai impedansi masukan kurang dari 1 [15].

IC LM 35 bekerja pada *rating* tegangan 4V s/d 30V. Sebagai sensor suhu yang teliti dan terkemas dalam bentuk *Integrated Circuit* (IC), dimana output tegangan keluaran sangat linear terhadap perubahan suhu. Karakteristiknya semakin tinggi suhu yang dicatat, maka tegangan pada keluaran IC LM35 akan semakin tinggi atau naik, dan didapatkan suatu tegangan yang linier [16].

#### **2.2.7. Driver L298N**

Driver motor L298N merupakan module dengan sebuah IC tipe H-bridge yang mampu mengendalikan beban-beban induktif seperti relay, solenoid, motor DC dan motor stepper. Kelebihan akan modul driver motor L298N ini yaitu dalam hal kepresisian dalam mengontrol motor sehingga motor lebih mudah untuk dikontrol [17]. Driver L298N mengintegrasikan dua tahap keluaran daya, tahap keluaran daya adalah konfigurasi *bridge* yang *output*-nya dapat mengendalikan beban induktif sesuai pada keadaan *input*-nya. Arus yang mengalir keluar dari *bridge* dan masuk pada *input* beban digunakan untuk mendeteksi intensitas arus tersebut. Tegangan *output* driver L298N dapat digunakan untuk mengontrol amplitudo arus dengan memotong *input*, atau untuk memberikan perlindungan arus lebih dengan mengalihkan *input* yang diaktifkan rendah [18].



Gambar 2.9. Driver L298N

Driver L298N Memiliki spesifikasi sebagai berikut [19]:

- Type : Dual H-Bridge, Atau dapat kita katakan bahwa dengan Module Driver ini kita dapat mengontrol dua buah motor sekaligus.
- IC Driver : L298N.
- Logic Voltage : 5V, Yang artinya untuk mengontrol Module Driver ini butuh logic kontrol tengan tegangan 5V (jika HIGH maka setara dengan 5V atau 0V ketika berlogika LOW ).
- Drive voltage : 5-35V DC, yang artinya kita bisa mengendalikan motor DC dengan tegangan antara 5-35V.
- Logical current : 0mA-36mA, artinya arus dari logic tegangan cukup hanya 0mA sampai dengan 36mA (contoh arus dari Pin Digital arduino maksimal adalah 40mA yang artinya lebih dari cukup).
- Driving current : 2A (MAX single bridge) Artinya Modul ini mampu untuk mendrive motor DC dengan arus memcapai 2A dengan syarat hanya menggunakan satu motor saja.
- Temperatur : -20 C – 135 C, Module ini mampu bekerja di suhu -20'C sampai 135'C menurut datasheet (Sebagai acuan, air membeku pada suhu 0'C dan mendidih pada suhu 100'C).
- Power maksimum: 25W, Artinya daya yang mampu di-drive oleh Driver motor L298N ini adalah sebesar maksimum 25W.
- Ukuran : 43mm x 43mm x 27mm, Cukup berukuran minimalis dan memiliki desain yang menarik juga kokoh [19].

### 2.2.8. Pemanas (*Heater*)

*Electrical Heating Element* (elemen pemanas listrik) banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, baik di dalam rumah tangga ataupun peralatan dan mesin industri. Bentuk dan *type* dari *Electrical Heating Element* ini bermacam macam disesuaikan dengan fungsi, tempat pemasangan dan media yang akan di panaskan. Panas yang dihasilkan oleh elemen pemanas listrik ini bersumber dari kawat ataupun pita bertahanan listrik tinggi (*Resistance Wire*) [20].

Biasanya bahan yang digunakan adalah niklin yang dialiri arus listrik pada kedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik dan aman. Ada 2 macam jenis utama elemen pemanas listrik yaitu : Elemen pemanas listrik bentuk dasar, yaitu elemen pemanas dimana *Resistance Wire* hanya dilapisi oleh isolator listrik. Elemen pemanas listrik bentuk lanjut, merupakan elemen pemanas dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pipa atau lembaran plat logam [21].



Gambar 2.10. Heater DC 5V-12V

Pemanas ini bekerja dengan prinsip kompor induksi, tanpa api dan tanpa sentuhan. Memanaskan objek dalam lingkaran coil dengan frekuensi tinggi. Spesifikasi pemanas tersebut memiliki input voltage 5v - 12V, output power maksimal 120W, Dimensi module 5.5 x 3.7 x 1.6 cm (L\*W\*H), Panjang coil: 7.5cm, dan lebar coil: 2.8cm [22].

### 2.2.9. PWM (*Pulse Width Modulation*)

*Pulse Width Modulation* (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa Contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, audio *effect* dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya. Sinyal PWM pada umumnya memiliki amplitudo dan frekuensi dasar yang tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar Pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Artinya, Sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun *duty cycle* bervariasi antara 0% hingga 100% [23].

### 2.2.10. Power Suplly



Gambar 2.11. *Power Supply*

*Power Supply* adalah sebuah perangkat yang memasok listrik energi untuk satu atau lebih beban listrik. Pada dasarnya *power supply* ini mempunyai konstruksi rangkaian yang hampir sama yaitu terdiri dari trafo, penyearah, dan penghalus tegangan. Secara umum prinsip rangkaian catu daya terdiri atas komponen utama yaitu ; transformator, dioda dan kondensator. *Power supply* merupakan salah satu sumber daya listrik yang digunakan untuk mensuplai peralatan elektronik yang membutuhkan tegangan DC *Power supply* didapat dari hasil penyerahan arus bolak-balik AC yang bersumber dari tegangan jala-jala 220 VAC [24].

Power Supply yang digunakan memiliki spesifikasi:

1. Tegangan *Input* : AC 110/240v 50/60Hz
2. Tegangan *Output* : DC 12V
3. Arus *Output* : Max 3A
4. Daya : 36W
5. Dimensi : P 8,5 x L 5,8 x T 3,4 (cm)