

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pada laporan Tugas Akhir ini penyusun telah menelaah dan menggunakan beberapa referensi yang sebagai bahan acuan dalam perancangan yang penyusun lakukan.

Pengaturan kecepatan motor DC dengan menggunakan *mikrokontroler* Atmega membahas tentang sistem pengaturan kecepatan motor DC menggunakan *mikrokontroler* Atmega 8535 sebagai pusat prosesor. Pada alat ini juga menggunakan PC untuk memberikan perintah ke *mikrokontroler* yang berfungsi untuk menaikkan atau menurunkan putaran motor DC, sehingga *mikrokontroler* mengeluarkan sinyal PWM (*Pulse Widht Modulation*) ke *driver* untuk menggerakkan motor DC^[5].

Sistem kontrol putaran pada mesin penyangrai kopi menggunakan teknik PWM (*Pulse Widht Modulation*) untuk mengatur kecepatan pada motor DC dengan mengatur sinyal PWM yang dilakukan secara analog maupun dengan *mikrokontroler* Atmega 16. Dikendalikam menggunakan *driver* motor untuk mengatur arah putaran motor DC, yang kemudian kecepatan motor DC akan di deteksi oleh *optocoupler* yang kemudian *output optocoupler* akan mengirim dan memproses data ke pusat kendali^[6].

Rancang bangun pengendalian dan monitoring motor DC menggunakan komputer berbasis *mikrokontroller* membahas tentang

pengontrolan motor DC menggunakan Arduino Uno R3 sebagai pusat kendali. Pada alat ini juga memonitoring dengan menggunakan komputer agar pengontrolan motor DC lebih mudah. Selain itu *software labview* digunakan sebagai pengendali kecepatan putar dan pengereman motor DC dengan membuat sebuah program dari blok diagram dan *front panel labview*^[7].

Dalam simulasi miniatur *lift* 3 lantai digerakkan oleh motor DC. Diperlukan pengaturan kecepatan motor DC menggunakan Teknik PWM dengan *driver* motor, agar kestabilan kecepatan motor DC dan arah putaran dalam dikendalikan. Motor DC di *setting* 230 PWM dalam kondisi *lift* kosong dan PWM akan terus bertambah sesuai dengan berat beban pada *lift* yang di deteksi oleh *loadcell*, kemudian *output* dari *loadcell* akan diterima oleh Arduino Mega 2560 untuk di proses^[8].

Pada alat pemantau pengaturan kecepatan putar motor DC *power window* menggunakan PLC Panasonic sebagai pengendali kecepatan putar motor DC *power window* dan HMI digunakan sebagai pemantau agar lebih mudah saat pengoperasian. Kecepatannya pada alat ini diatur melalui tegangan *output* dari PLC ke *driver* motor mulai dari 0 VDC sampai dengan 5 VDC^[9].

Dari beberapa referensi diatas dapat disimpulkan bahwa mengatur kecepatan motor DC dapat menggunakan teknik (*Pulse Width Modulation*) PWM dimana tegangan *input* yang diberikan pada motor DC akan mempengaruhi kecepatan putarnya. Selain itu referensi diatas memiliki

kesamaan dengan rancangan yang penyusun lakukan yaitu mengenai tema tentang pengaturan dan *monitoring* kecepatan putar motor DC. Oleh sebab itu, dalam rancangan Tugas Akhir ini penyusun akan menggunakan PLC *Schneider* sebagai pusat kendali kecepatan putar motor DC karena dinilai lebih tahan lama dan lebih baik dari segi kualitas dibandingkan *mikrokontroler* dan *mikrokontoler* Arduino. Selain itu perbedaan Tugas Akhir yang akan dikerjakan penyusun dengan referensi yang sudah menggunakan PLC sebelumnya yaitu alat ini dirancang dapat mengatur waktu kerja motor DC dengan menggunakan *Real Time Clock* (RTC) dan untuk sistem *monitoring* menggunakan *Human Machine Interface* (HMI).

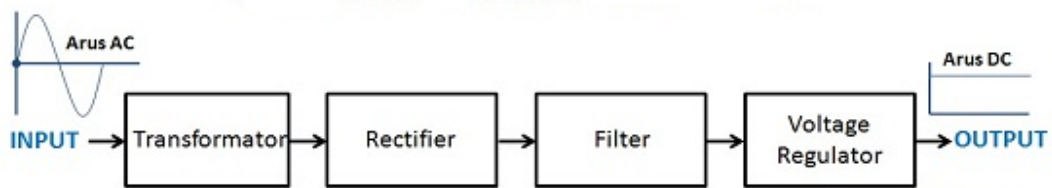
Dengan demikian, meskipun dari beberapa referensi diatas disebutkan adanya Tugas Akhir dengan tema yang sama dengan Tugas Akhir penyusun lakukan, tetapi penyusun berniat untuk menambah kelebihan alat yang telah ada, agar penggunaan alat dapat lebih efektif. Dan yang utama diharapkan pada rancang bangun alat ini, yaitu dapat membantu memberikan kemudahan dalam proses penetasan telur sehingga lebih praktis, efisien dan dapat meningkatkan produktivitas hasil tetas telur peternak unggas.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Catu Daya (*Power Supply*)

Catu daya atau sering disebut dengan *power supply* merupakan rangkaian elektronika yang berguna sebagai sumber listrik arus searah (DC) untuk beban atau perangkat lain. Pada dasarnya rangkaian *power supply*

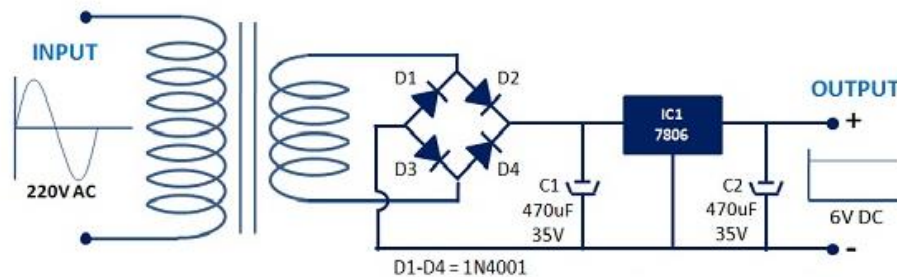
memiliki 4 bagian utama diantaranya transformator, *rectifier*, *filter*, dan *voltage regulator* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan arus bolak-balik (AC), menyearahkan tegangan arus bolak-balik (AC) menjadi tegangan arus searah (DC) dan akhirnya disaring dan distabilkan menjadi tegangan arus searah (DC) yang tidak berubah-ubah^[17].



Gambar 2.1 Diagram Blok *Power Supply*^[20]

2.2.1.1. Prinsip Kerja Catu Daya (*Power Supply*)

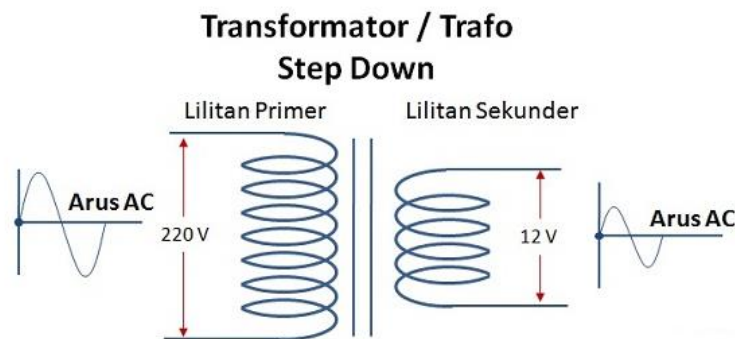
Pada umumnya catu daya (*power supply*) yang baik memiliki bagian-bagian seperti skema rangkaian sederhana berikut ini :



Gambar 2.2 Skema Rangkaian *Power Supply* Sederhana^[20]

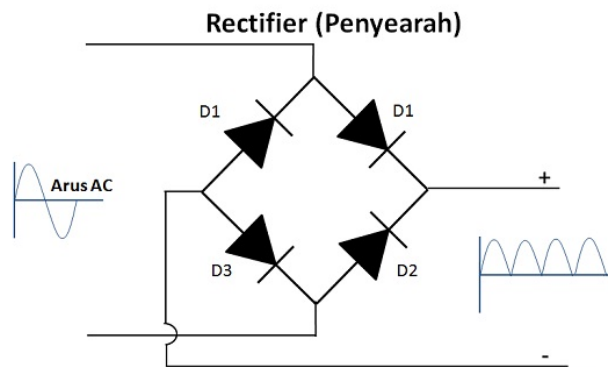
Transformator (*Transformer*) atau yang sering disebut dengan Trafo yang digunakan sebagai catu daya (*power supply*) adalah Transformator berjenis *Step-down* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik arus bolak-balik (AC) 220 V menjadi lebih rendah atau sesuai kebutuhan.

Transformator berkerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik yang terdiri lilitan primer dan lilitan sekunder. Lilitan primer merupakan input dari tarfo dan lilitan sekunder sebagai outputnya. Walaupun tegangan telah diturunkan, output dari tarfo tersebut masih dalam bentuk arus bolak-balik (AC). Dan perbandingan dari jumlah lilitan primer dan lilitan sekunder mempengaruhi tegangan yang dihasilkan^[20].

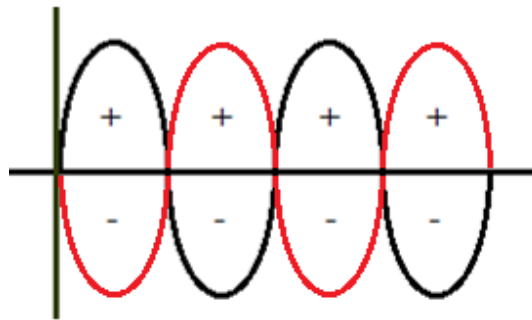


Gambar 2.3 Transformator^[20]

Setelah diturunkan oleh trafo *Step-down*, tegangan yang dihasilkan masih berbentuk arus bolak-balik (AC) yang kemudian akan di masukkan ke dalam rangkaian penyearah (*Rectifier*). Pada rangkaian penyearah terdapat 2 jenis yaitu “*Half Wave Rectifier*” yang terdiri dari 1 komponen dioda dan “*Full Wave Rectifier*” yang terdiri 2 atau 4 komponen dioda. Komponen dioda yang berfungsi untuk mengubah gelombang AC menjadi gelombang DC. Pada tahap ini rangkaian penyearah ini memanfaatkan Dioda *Brige* yang terdiri 4 dioda sehingga muncul gelombang penuh seperti berikut^[9] :



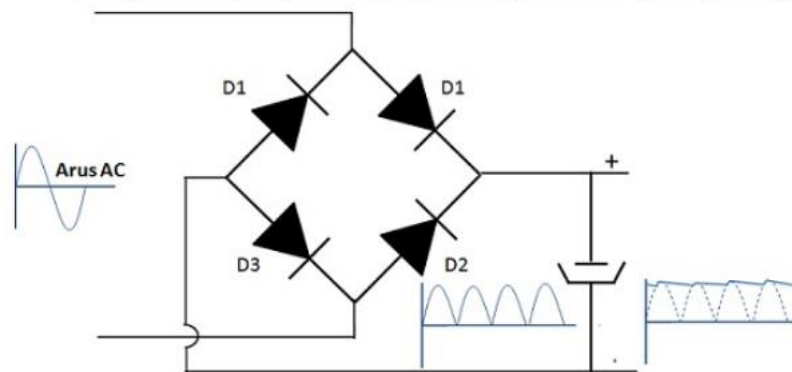
Gambar 2.4 Rangkaian Penyearah 4 Dioda^[20]



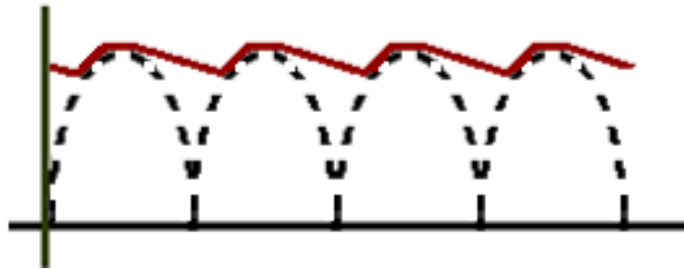
Gambar 2.5 Gelombang Keluaran 4 Dioda^[20]

Selanjutnya setelah melewati rangkaian penyearah (*Rectifier*) dengan *output* gelombang DC, maka arus akan memasuki rangkaian penyaring (*Filter*) yang terdiri dari komponen kapasitor (kondensator) yang berjenis elektrolit atau ELCO (*Electrolyte Capacitor*) yang berfungsi untuk menyaring dan meratakan arus DC yang masih berdenyut. Sehingga gelombang yang keluar merupakan gelombang *output* VDC seperti berikut^[17] :

Penyearah yang dilengkapi dengan Filter (Penyaring)

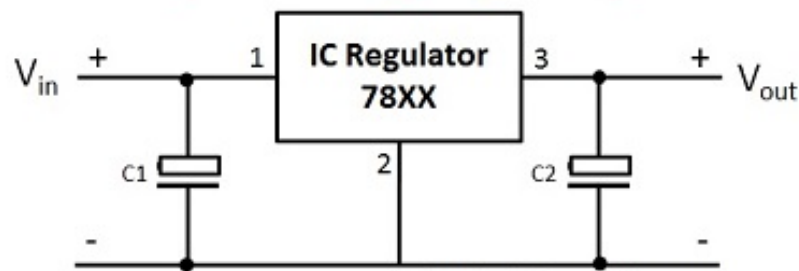


Gambar 2.6 Rangkaian Penyaring (*Filter*)^[20]

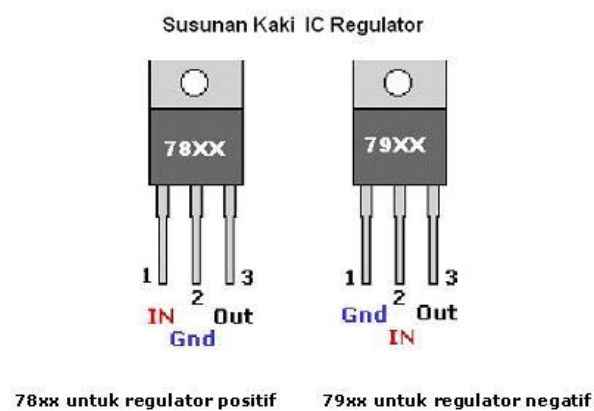


Gambar 2.7 Gelombang Keluaran Kapasitor^[20]

Dan terakhir, untuk menghasilkan tegangan dan arus DC yang tetap stabil maka diperlukan *voltage regulator* berupa IC yang berfungsi menstabilkan tegangan arus searah (DC) agar tegangan *output* tidak dipengaruhi oleh suhu, arus beban, dan juga tegangan *input* yang berasal dari *output filter*. *Voltage regulator* biasanya terdiri dari dioda zener, transistor atau IC (*Integrated Circuit*). Saat ini sudah banyak dikenal komponen seri **78XX** sebagai *regulator* tegangan tetap positif dan seri **79XX** yang merupakan *regulator* untuk tegangan tetap negatif. Bahkan *voltage regulator* ini biasanya juga dilengkapi dengan perlindungan atas hubung singkat (*Short Circuit Protection*), pembatas arus (*Current Limiting*) ataupun perlindungan atas kelebihan tegangan (*Over Voltage Protection*)^[20].



Gambar 2.8 Rangkaian Dasar IC *Voltage Regulator*^[20]



Gambar 2.9 Susunan Kaki IC *Regulator*^[20]

2.2.2. *Programmable Logic Controller (PLC)*

PLC adalah perangkat otomasi yang banyak digunakan di industri. Berbagai macam produk PLC telah beredar namun memiliki teknologi dasar yang sama. Perbedaannya terletak pada *software* dan kemampuan kerjanya. Konsep dari PLC sesuai dengan namanya adalah sebagai berikut:

- *Programmable*, menunjukkan kemampuannya dapat diubah-ubah sesuai program yang dibuat dan kemampuannya dalam hal memori program yang telah dibuat.
- *Logic*, menunjukkan kemampuannya dalam memproses *input* secara

aritmatik, yaitu melakukan operasi menjumlahkan, mengurangi, mengalikan, membagi, dan membandingkan.

- *Controller*, menunjukkan kemampuannya dalam mengontrol dan mengatur proses sehingga menghasilkan keluaran yang diinginkan.

PLC (*Programmable Logic Control*) dirancang untuk menggantikan rangkaian *relay* dalam suatu sistem kontrol. PLC memiliki bahasa pemrograman yang mudah dipahami dan dapat disimulasikan pada *software*. PLC juga dapat digunakan untuk pengendalian sistem dengan banyak *output*.

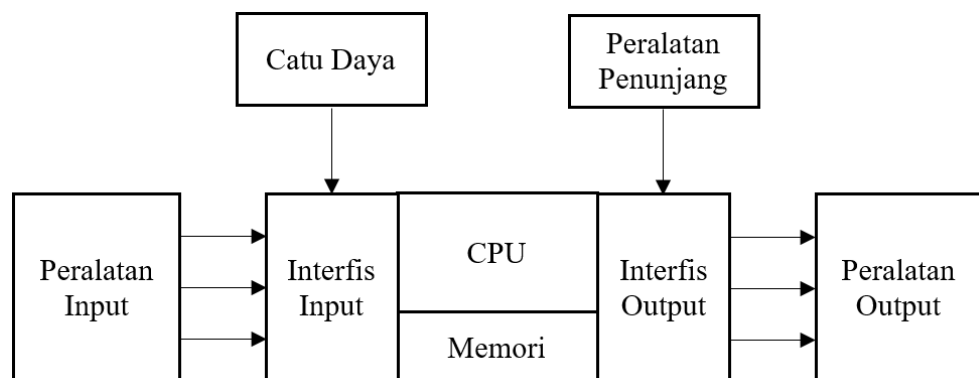
Dalam pemakaian PLC akan didapatkan keuntungan diantaranya fleksibel, konsumsi daya PLC rendah, perubahan kesalahan program lebih mudah, jumlah kontak yang banyak, harga murah, operasi lebih cepat. Dan selain keuntungan tersebut, pemakaian PLC juga terdapat kerugian antara lain teknologi yang masih baru, kondisi lingkungan. Secara umum fungsi PLC adalah kontrol sekuensial yaitu PLC memproses *input* sinyal biner menjadi *output* yang digunakan untuk keperluan pemrosesan secara berurutan, disini PLC menjaga agar semua langkah proses berjalan dalam urutan yang tepat. Selain kontrol sekuensial, fungsi PLC adalah *monitoring plant* dimana PLC secara terus menerus memonitor suatu sistem dan mengambil tindakan sesuai dengan proses yang dikontrol^[15].

2.2.2.1. Prinsip Kerja Programmable Logic Controller (PLC)

Prinsip pokok PLC menggunakan struktur yang sama dengan komputer. Prinsip kerja sebuah PLC secara umum adalah menerima sinyal

masuk ke proses yang dikendalikan lalu melakukan serangkaian instruksi logika terhadap sinyal tersebut sesuai dengan program yang tersimpan dalam memori dan mengeluarkan sinyal keluaran untuk mengendalikan aktuator atau peralatan *output* lainnya.

Data berupa sinyal dari peralatan *input* diterima oleh sebuah PLC. Peralatan *input* tersebut adalah berupa tombol, saklar dan sensor. Data *input* yang masih berupa sinyal analog diubah menjadi sinyal digital oleh modul *input* A/D (*analog to digital input module*). Kemudian sinyal digital disimpan di dalam memori. Penyimpanan dilakukan oleh CPU yang ada di dalam PLC. CPU juga bertugas mengambil keputusan yang selanjutnya perintah yang diperoleh diberikan ke modul *output* D/A (*digital to analog output module*) bila sinyal digital perlu diubah kembali menjadi sinyal analog untuk menggerakkan peralatan *output* dari sistem yang dikontrol seperti antara lain berupa kontaktor, *relay*, pompa, motor DC^[15].



Gambar 2.10 Diagram Blok PLC^[18]

2.2.2.2. PLC *Schneider Modicon M221*

PLC yang digunakan penyusun adalah PLC *Schneider Modicon* TM221CE16R. Berikut gambar dari PLC TM221CE16R:



Gambar 2.11 TM221CE16R^[16]

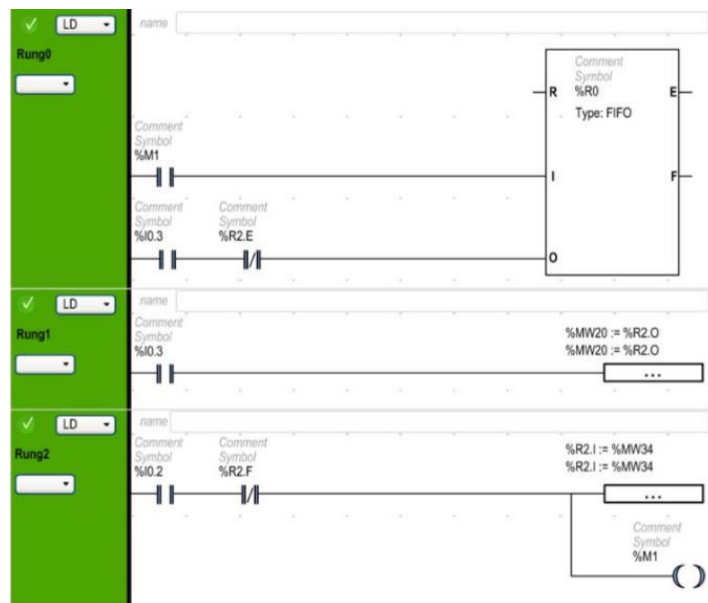
PLC TM221CE16R memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan tipe PLC yang lain yaitu TM221CE16R termasuk tipe yang fleksibel artinya PLC ini dapat di *expand* / dinaikan performanya, terdapat *safety solution* , termasuk kecil dengan fungsi yang lengkap, lebih murah. Tetapi PLC TM221CE16R memiliki kekurangan yaitu Kecepatan kurang dibandingkan dengan tipe lain sekitar 10k inst. Berikut adalah spesifikasi dari PLC *Schneider Modicon* TM221CE16R^[16].

Tabel 2.1 Spesifikasi TM221CE16R^[16]

Produksi	Modicon M221
Tipe Komponen	<i>Logic controller</i>
<i>Supply</i> Tegangan	100 – 240 VAC
Jumlah I/O Digital	16
Jumlah Digital <i>Input</i>	9 Digital <i>Input</i>
Jumlah Analog <i>Input</i>	2 pada <i>range</i> 0-10 V
Tipe Digital <i>Output</i>	<i>Relay Normally Open</i>
Jumlah Digital <i>Output</i>	7 <i>Relay</i>
Tegangan Digital <i>Output</i>	5-125 VDC & 5-250 VAC
Arus Digital <i>Output</i>	2 A
<i>Network frequency</i>	50/60 Hz
<i>Digital input logic</i>	<i>Sink or source (positive/negative)</i>
<i>Digital input voltage</i>	24 V
<i>Analog input resolution</i>	10 <i>Bits</i>
Dimensi	95 x 90 x 70 mm
Berat	0,346 Kg

2.2.2.3. Bahasa Pemrograman PLC

Berdasarkan IEC 61131-3 terdapat lima bahasa pemrograman antara lain yaitu SFC (*Sequential Function Chart*), IL (*Instruction List*), FBD (*Function Block Diagram*), ST (*Structured Text*), dan LD (*Ladder Diagram*). Dari kelima bahasa program diatas yang sering digunakan adalah LD (*Ladder Diagram*). Diagram tangga atau *ladder diagram* adalah bahasa pemrograman PLC dalam bentuk grafik. Program *ladder* ditulis secara umum mirip dengan rangkaian *relay*. Program ditampilkan pada *layer* dengan elemen-elemen seperti *normally open contact*, *normally closed contact*, *timer*, *counter*. Satu baris dalam diagram disebut satu rung. *Input* menggunakan simbol [] (*NO Contact*) atau [/] (*NC Contact*) sedangkan *output* menggunakan simbol (). Berikut merupakan contoh dari *Ladder Diagram*^[15].

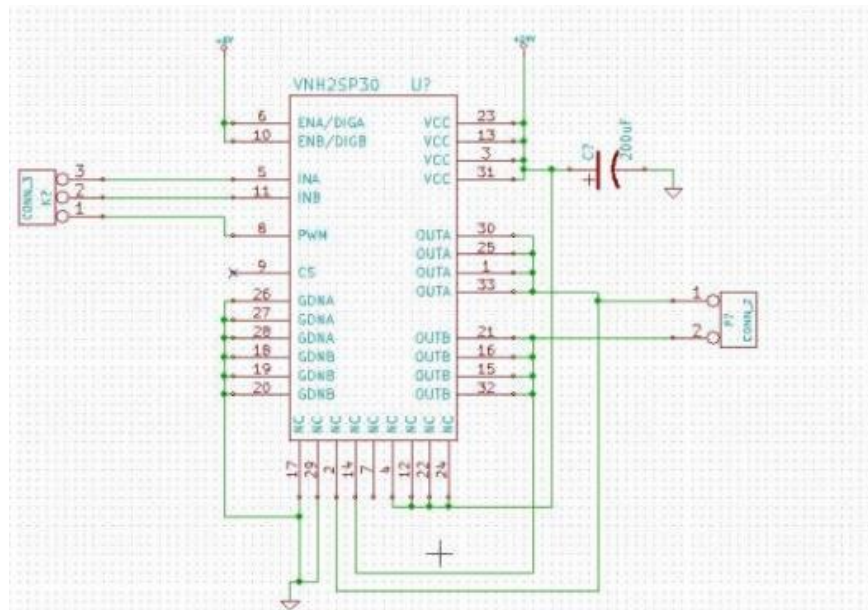


Gambar 2.12 Contoh *Ladder Diagram*^[18]

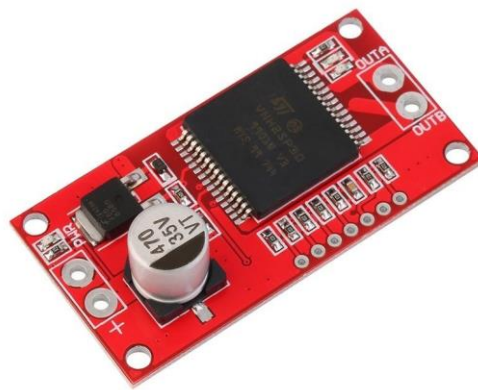
2.2.3. Driver Motor DC

Dalam pengaturan kecepatan motor DC teknik yang sering digunakan adalah Teknik *Pulse Width Modulation* (PWM). Teknik PWM berkerja pada motor DC dengan memberikan sumber tegangan yang stabil dan frekuensi kerja yang tetap, akan tetapi cara untuk mengatur kecepatan motor DC dengan cara merubah-ubah besarnya ton *duty cycle* pulsa. Ton *duty cycle* yang bervariasi inilah yang menentukan kecepatan motor DC sesuai dengan kebutuhan. Konsep PWM pada *driver* motor DC ialah dengan mengatur lebar sisi positif dan sisi negatif pulsa kontrol pada frekuensi kerja tetap. Semakin lebar sisi pulsa positif maka semakin tinggi kecepatan putar motor DC dan semakin lebar sisi pulsa negatif maka semakin rendah kecepatan putar motor DC. Teknik PWM pada *driver* motor DC dapat dijelaskan secara singkat menggunakan skematik rangkaian *driver* motor

DC VNH2SP30 dengan kontrol PWM pada gambar dibawah^[9].



Gambar 2.13 Skematik Rangkaian *Driver Motor*^[9]



Gambar 2.14 *Driver Motor VNH2SP30*^[9]

Berikut spesifikasi dari *driver* motor VNH2SP30 :

Tabel 2.2 Spesifikasi *Driver* Motor VNH2SP30^[12]

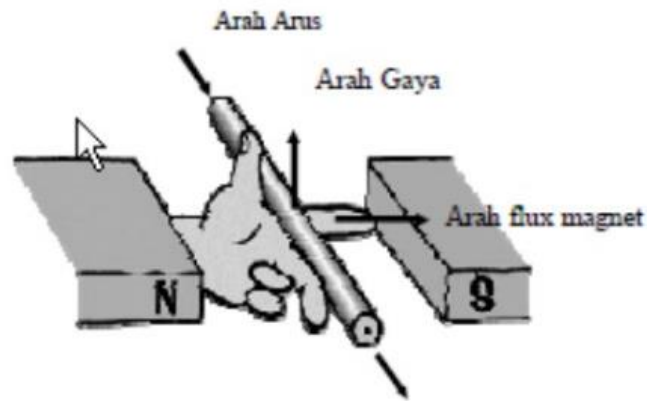
<i>Voltage Max</i>	16 V
<i>Maximum current rating</i>	30 A
<i>Practical Continuous current</i>	14 A
<i>Current sesing available to Arduino analog pin</i>	-
<i>MOSFET on-resistance</i>	19 m (per leg)
<i>Maximum PWM Frequency</i>	20 kHz
<i>PCB size</i>	50,8 mm x 33 mm

VNH2SP30 adalah *driver* motor tipe *H-brige*. *Driver* tipe *H-brige* digunakan untuk mengontrol kecepatan putar motor dan dapat diatur arah putarannya searah jarum jam maupun berlawanan arah jarum jam. *Driver* motor ini pada dasarnya menggunakan 4 buah transistor untuk *switching* (saklar) dari putaran motor dan secara bergantian untuk membalikkan polaritas dari motor. VNH2SP30 ditujukan untuk berbagai aplikasi otomatis, driver ini didesain menggunakan STMicroelectronic's dan dibuktikan oleh VIPower Proprietary.

2.2.4. Motor DC

Motor DC adalah suatu perangkat mengubah energi listrik arus searah (DC) menjadi energi mekanik atau gerakan. Motor DC memiliki dua terminal dan memerlukan tegangan arus searah (DC) untuk dapat menggerakannya. Motor DC terdapat dua prinsip yang melatar belakangi kinerjanya, yang pertama adanya aliran arus yang melewati sebuah konduktor atau penghantar yang akan timbul medan magnet yang

mengelilingi konduktor tersebut. Arah garis gaya magnet (fluks magnet) ini sesuai dengan kaidah tangan kiri seperti berikut :



Gambar 2.15 Arah Garis Gaya Magnet^[9]

Sesuai dengan gambar diatas bahwa ibu jari menandakan arah arus elektron yang mengalir dan jari-jari menunjukkan arah dari gaya magnet (fluks) yang mengelilingi penghantar. Yang kedua adalah gaya pada penghantar bergerak dalam medan magnet. Besarnya gaya yang didesakkan untuk menggerakkan berubah sebanding dengan kekuatan medan magnet, besar arus yang mengalir pada konduktor, dan Panjang penghantar. Gaya tersebut sering dengan gaya *Lorentz*, dengan rumus :

$$F = B \times I \times l \text{ (Newton)} \dots \dots \dots (1)$$

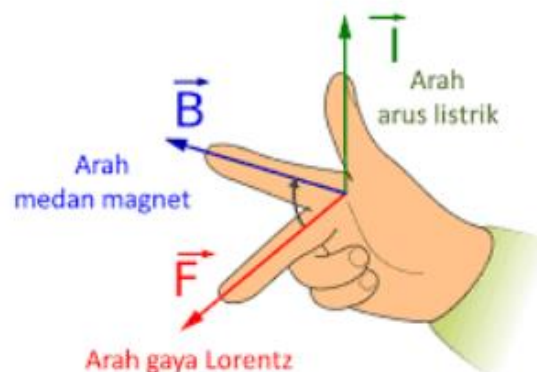
Dimana:

F = Gaya pada kumparan (Newton)

B = Kuat medan magnet (Tesla)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

l = Panjang kumparan (meter)



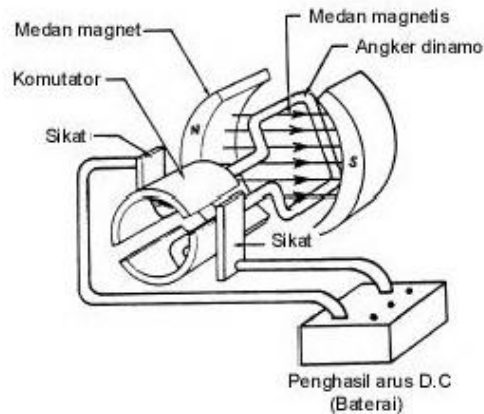
Gambar 2.16 Gaya Lorentz^[9]

Arah dari garis gaya magnet tergantung dari arah arus yang mengalir pada kumpuran dan arah dari garis-garis fluks magnet antara dua kutub. Ketika penghantar berarus ditempatkan diantara dua kutub magnet, maka akan menghasilkan pembengkokan garis gaya. Sehingga di satu sisi memusatkan kedua medan magnet menimbulkan medan magnet yang kuat dan disisi lain berlawanan arah menimbulkan medan magnet yang lemah. Garis gaya magnet yang kuat cenderung lurus keluar dan menekan kearah garis gaya magnet yang lemah. Dan menyebabkan penghantar tersebut berputar berlawanan arah jarum jam^[9].

2.2.4.1. Prinsip Kerja Motor DC

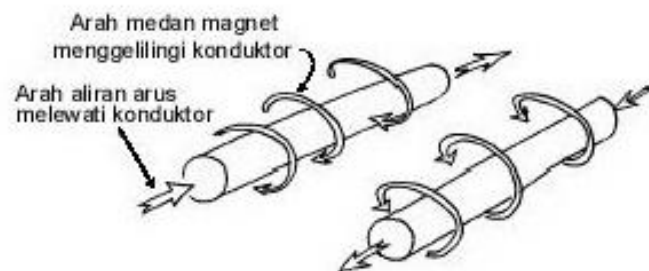
Motor DC memerlukan *supply* tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Bagian utama motor DC adalah stator (bagian yang tidak berputar) dan rotor (bagian yang berputar). Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen. Catu tegangan DC dari menuju kelilitan melalui sikat yang menyentuh komutator, dua segmen

yang terhubung dengan dua ujung lilitan. Kumparan satu lilitan pada gambar disebut angker dinamo. Angker dinamo adalah sebutan untuk komponen yang berputar di antara medan magnet.



Gambar 2.17 Bagian Motor DC Sederhana^[13]

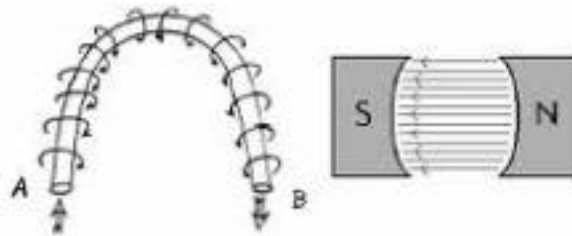
Prinsip dasar cara kerja motor DC yaitu jika arus yang lewat pada suatu konduktor, timbul medan magnet disekitar konduktor. Arah medan magnet ditentukan oleh arah aliran arus pada konduktor. Medan magnet yang membawa arus mengelilingi konduktor seperti gambar berikut :



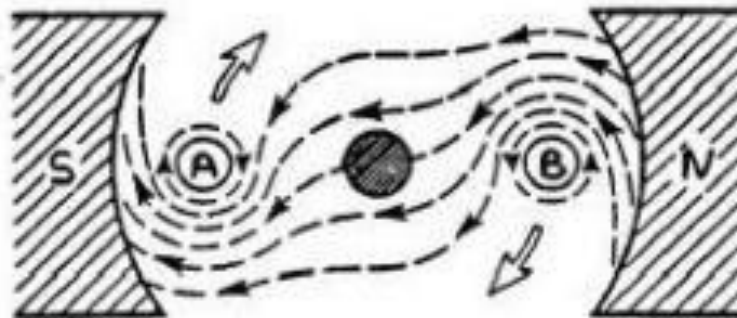
Gambar 2.18 Medan Magnet yang Membawa Arus pada Konduktor^[13]

Aturan gengaman tangan kanan bisa dipakai untuk menentukan arah garis *fluks* disekitar konduktor. Genggaman konduktor dengan tangan

kanan dengan ibu jari mengarah pada aliran arus, maka jari-jari lainnya akan menunjukkan arah garis *fluks*. Medan magnet yang terbentuk di sekitar konduktor berubah arah karena bentuk U. Medan magnet hanya terjadi disekitar sebuah konduktor jika ada arus yang mengalir pada konduktor tersebut. Konduktor berbentuk U disebut angker dinamo yang diletakkan di antara kutub utara dan selatan yang kuat medan magnet konduktor akan berinteraksi dengan medan magnet kutub.



Gambar 2.19 Medan Magnet Mengeliling Konduktor dan diantara Kutub^[13]



Gambar 2.20 Reaksi Garis Fluks^[13]

Lingkar bertanda A dan B merupakan ujung konduktor yang dilengkungkan (*loop conductor*). Arus mengalir masuk melalui ujung A dan keluar melalui ujung B. Medan konduktor A yang searah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat dibawah konduktor. Konduktor akan berusaha bergerak ke atas untuk keluar dari

medan kuat ini. Medan konduktor B yang berlawanan arah jarum jam akan menambah medan pada kutub dan menimbulkan medan yang kuat diatas konduktor. Konduktor akan berusaha untuk bergerak turun agar keluar dari medan yang kuat tersebut. Gaya-gaya tersebut lah yang akan membuat angker dinamo berputar searah jarum jam^[13].

2.2.4.2. Motor DC Power Window

Energi listrik dan energi magnet digunakan untuk menghasilkan energi mekanis pada motor listrik. Kinerja motor tergantung dari interaksi dua medan magnet. Motor listrik bekerja dengan prinsip yaitu dua medan magnet dibuat berinteraksi untuk menghasilkan gerakan. Penggunaan motor sendiri ditujukan untuk menghasilkan gaya yang menggerakkan (torsi). Jenis motor DC yang digunakan pada alat ini yaitu *power window*. Salah satu keistimewaan motor *power window* ialah kecepatannya dapat di atur dengan mudah. Sifat dari motor DC bila beban yang digerakkan cukup kecil maka motor DC yang digunakan cukup kecil pula. Motor DC untuk beban kecil pada umumnya menggunakan magnet permanen sedangkan untuk beban besar yang membutuhkan tenaga mekanik besar menggunakan magnet listrik. Motor DC bergerak kedepan dan kebelakang sesuai dengan pengoperasian *switching* (saklar). Arah putaran motor DC magnet permanen ditentukan oleh arah arus yang mengalir pada kumparan. Kecepatan motor magnet permanen berbanding lurus dengan harga tegangan yang diberikan pada kumparan jangkar. Pengendalian kecepatan putar motor DC dapat dilakukan dengan mengatur besar tegangan terminal pada motor. Metode

lain yang biasa digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor DC adalah dengan teknik modulasi lebar pulsa atau PWM (*Pulse Width Modulation*)^[9].

Bagian-bagian motor DC pada umumnya terdiri dari :

1. Stator motor DC

Stator merupakan bagian yang diam atau tidak berputar pada motor. Bagian ini menghasilkan medan magnet, baik yang dihasilkan dari koil (elektromagnetik) maupun dari magnet.

2. Rotor

Rotor berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik dalam bentuk gerak putar. Rotor terdiri dari poros baja dimana tumpukan keping-keping inti yang berbentuk silinder dijepit. Pada ini terdapat alur-alur dimana lilitan rotor diletakkan.

3. Komutator

Berfungsi sebagai suatu penyearah mekanik yang membuat arus dari sumber mengalir pada arah yang tetap walaupun belitan medan berputar. Kontruksi dari komutator sendiri terdiri dari lamel-lamel, antar lamel dengan lamel lainnya diisolasi dengan mica.

4. Sikat

Berfungsi untuk jembatan bagi aliran arus dari lilitan jangkar beban, aliran arus tersebut akan mengalir dari sumber dan diterima oleh kontaktor.

5. Kipas Rotor (*Cooling Fan*)

Ketika poros jangkar berputar maka kipas ikut berputar untuk menjaga suhu kumparan jangkar agar tetap dalam kondisi aman ketika beroperasi.



Gambar 2.21 Motor DC *Power Window*^[14]

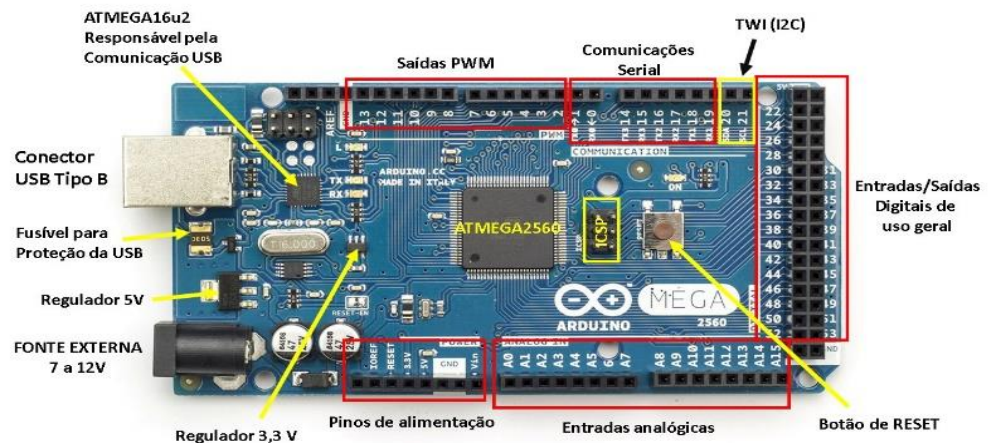
Tabel 2.3 Spesifikasi Motor *Power Window*^[14]

<i>Name item</i>	DC <i>Power Window</i> Motor Gear
<i>Item No.</i>	KR13033
<i>Rated Voltage</i>	12 V
<i>Rated Torque</i>	3.N.m (30kg.cm)
<i>No.Load Current</i>	2,8 A
<i>No.Load Speed</i>	90 Rpm (80-100)
<i>Rated Current</i>	9.0 A
<i>Noise</i>	55 DB

2.2.5. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan *mikrokontroller* yang berbasis arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. *Board* ini memiliki pin I/O (*Input/Output*) yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin, 15 pin di antaranya adalah PWM (*Pulse Width Modulation*), 16 pin *analog input*, 4 pin UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*) *serial port hardware*. Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan

sebuah *oscillator* 16 Mhz, sebuah *port* USB (*Universal Serial Bus*), *power jack* DC (*Direct Current*), ICSP (*In circuit serial programming*) header, dan tombol *reset*. *Board* ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah *mikrokontroler*. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, kita dapat menghubungkan *power* dari USB ke PC atau melalui adaptor AC/DC ke *jack* DC.



Gambar 2.22 Arduino Mega 2560^[10]

Arduino Mega 2560 terbentuk dari prosesor yang dikenal dengan *mikrokontroler* ATmega 2560. *Mikrokontroler* ATmega 2560 memiliki beberapa fitur atau spesifikasi yang menjadikannya sebagai solusi pengendali yang efektif untuk berbagai keperluan.

Tabel 2.4 Spesifikasi Arduino Mega 2560^[19]

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasi	5V
<i>Input Voltage</i> (disarankan)	7-12V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6-20V
Pin Digital I/O	54 buah (yang 14 pin digunakan sebagai <i>output</i> PWM)
<i>Pin Input Analog</i>	16 buah
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB (8 KB digunakan untuk <i>bootloader</i>)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
Berat	37 gram
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

Masing-masing dari 54 digital pin pada Arduino Mega dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode()* , *digitalWrite()* , dan *digitalRead()*. Arduino Mega beroperasi pada tegangan 5 Volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki *resistor pull-up internal* (yang terputus secara *default*) sebesar 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus, antara lain:

- *Serial* : 0 (RX) dan 1 (TX); ***Serial 1*** : 19 (RX) dan 18 (TX); ***Serial 2*** : 17 (RX) dan 16 (TX); ***Serial 3*** : 15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL. Pins 0 dan 1 juga terhubung ke *pin chip ATmega16U2 Serial USB-to-TTL*.

- Eksternal Interupsi : Pin 2 (*interrupt 0*), pin 3 (*interrupt 1*), pin 18 (*interrupt 5*), pin 19 (*interrupt 4*), pin 20 (*interrupt 3*), dan pin 21 (*interrupt 2*). Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau perubah nilai.
- SPI : Pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI), pin 52 (SCK), pin 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI. Pin SPI juga terhubung dengan header ICSP, yang secara fisik kompatibel dengan Arduino Uno, Arduino Duemilanove dan Arduino Diecimila.
- LED : Pin 13 tersedia secara *built-in* pada papan arduino ATmega2560. LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin diset bernilai *high*, maka LED menyala (*On*), dan ketika pin diset bernilai *low*, maka LED padam (*Off*).
- TWI : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL). Yang mendukung komunikasi TWI menggunakan perpustakaan *Wire*. Perhatikan bahwa pin ini tidak di lokasi yang sama dengan pin TWI pada Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila.

Arduino Mega 2560 memiliki 16 pin sebagai analog input, yang masing masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara *default* pin ini dapat diukur/diatur dari mulai *Ground* sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan pin AREF dan fungsi *analogReference()*.

Selain itu juga, beberapa pin memiliki fungsi yang dikhususkan, yaitu:

- AREF : Referensi tegangan untuk *input analog*. Digunakan dengan fungsi *analogReference()*.
- RESET : Jalur *low* ini digunakan untuk *me-reset* (menghidupkan ulang) *mikrokontroler*. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol *reset* pada *shield* yang menghalangi papan utama arduino.

Papan arduino ATmega 2560 dapat beroperasi dengan rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Pin tegangan yang tersedia pada papan arduino adalah sebagai berikut:

- VIN : *input* tegangan untuk papan arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai tegangan 5 Volt dari koneksi USB atau sumber daya ter-regulator lainnya). Kita dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika memasok tegangan untuk papan melalui *jack power*.
- 5V : Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-regulator) dari regulator yang tersedia (*built-in*) pada papan. *Arduino* dapat diaktifkan dengan sumber daya baik berasal dari *jack power* DC (7-12 Volt), konektor USB (5 Volt), atau pin VIN pada *board* (7-12 Volt). Memberikan tegangan melalui pin

5V atau 3.3V secara langsung tanpa melewati regulator dapat merusak papan arduino.

- 3,3 V : Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (*on-board*). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
- GND : Pin *ground*
- IOREF : Pin ini pada papan arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada *mikrokontroler*. Sebuah perisai (*shield*) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan penerjemah tegangan (*voltage translator*) pada output untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt^[10].

2.2.6. Human Machine Interface (HMI)

Human Machine Interface (HMI) merupakan media komunikasi antara manusia dan mesin dari suatu sistem. HMI membantu operator secara lebih dekat untuk mengontrol suatu *plan* sistem dan operasi PLC pada setiap tahap pengoperasian *plan* sebagai basis proses visualisasi sistem yang menghubungkan semua komponen dalam sistem dengan baik.

2.2.6.1. Bagian dari HMI

Pada tampilan HMI terdapat dua macam tampilan yaitu obyek statis dan obyek dinamis:

1. **Obyek Statis** yaitu obyek yang berhubungan langsung dengan peralatan atau database. Contoh: teks statis, *layout* unit produksi.
2. **Obyek Dinamik** yaitu obyek yang memungkinkan operator berinteraksi dengan proses, peralatan atau *database* serta memungkinkan operator melakukan aksi kontrol. Contoh: *push button, lights, charts*.

3. Manajemen Alarm

Suatu sistem produksi yang besar dapat memonitor sampai dengan banyak alarm dengan banyak alarm tersebut dapat membingungkan operator. Setiap alarm harus di-*acknowledged* oleh operator agar dapat dilakukan aksi yang sesuai dengan jenis alarm. Oleh karena itu dibutuhkan suatu manajemen alarm dengan tujuan mengeleminir alarm yang tidak berarti.

4. Trending

Perubahan dari variable proses kontinyu paling baik jika dipresentasikan menggunakan suatu grafik berwarna. Grafik yang dilaporkan tersebut dapat secara *summary* atau *historical*.

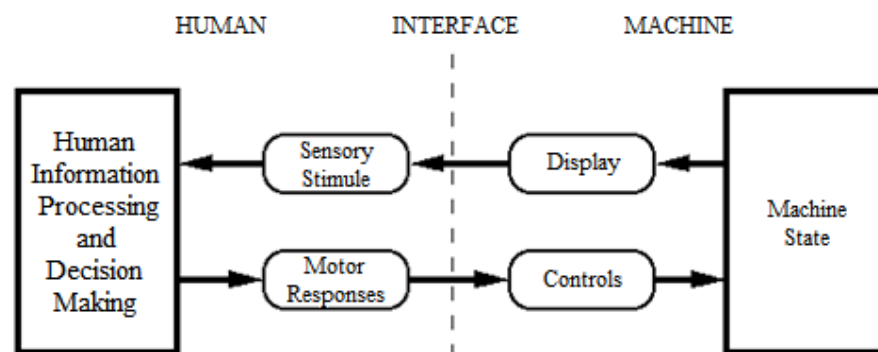
5. Reporting

Dengan *reporting* akan memudahkan pembuatan laporan umum dengan menggunakan report generator seperti alarm *summary reports*. Selain itu, reporting juga bisa dilaporkan dalam suatu *database, messaging system, dan web based monitoring*. Pembuatan laporan yang spesifik dibuat menggunakan report generator yang

spesifik pula. Laporan dapat diperoleh dari berbagai cara antara lain melalui aktivasi periodik pada selang interfal tertentu misalnya kegiatan harian ataupun bulanan dan juga melalui operator *demand*^[18].

2.2.6.2. Movicon

Dalam dunia industri HMI menyajikan data yang diperlukan oleh operator untuk memonitor operasi peralatan dan lain sebagainya. *Software* Movicon merupakan *state of art* di Movicon Scada/HMI teknologi perangkat lunak platform yang digunakan untuk pengawasan dan kontrol di dunia industri yang memiliki tingkat efisiensi yang tinggi. Movicon mempunyai keunggulan yaitu dapat diakses dari jarak jauh atau sistem seluler.



Gambar 2.23 Prinsip Kerja HMI^[18]