

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

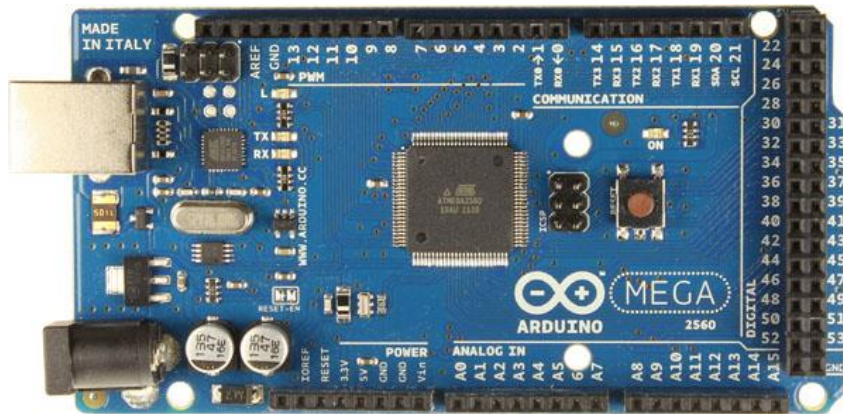
#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Setelah penulis mempelajari referensi yang ada, terdapat keterkaitan antara sumber referensi dengan perancangan alat yang penulis lakukan. Tugas Akhir yang berjudul Monitoring Arus, Tegangan dan Kecepatan pada starting motor induksi 3 fasa berbasis arduino mega 2560 dilengkapi dengan *data logger* ini membahas tentang monitoring arus , tegangan pada saat starting motor induksi satu fasa menggunakan arduino mega 2560 sebagai pusat kendali dari alat monitoring tegangan dan arus tiap fasa pada motor. Alat ini dapat mendeteksi arus, tegangan dan kecepatan motor dan dapat dipantau melalui data logger.

Perbedaan tugas akhir yang akan dikerjakan penulis dengan referensi diatas adalah penulis akan menggunakan *Arduino Mega 2560* sebagai pusat kendali dari alat monitoring *softstarting*. Selain itu tugas akhir yang penulis buat menggunakan tambahan monitoring grafik perbandingan starting metode *softstarting* dan *direct on line pada arus pengasutannya*. Pada proyek ini penulis menggunakan media output yaitu motor satu fasa sebagai media pengujian rangkaian *softstarting*. Alat yang penulis buat juga akan dilengkapi dengan HMI sebagai alat pengoperasian motor dan monitoring arus, tegangan dan kecepatan motor induksi satu fasa.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Arduino Mega 2560



**Gambar 2.1** Arduino Mega 2560<sup>[1]</sup>

Arduino Mega 2560 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis Arduino dengan menggunakan chip ATmega2560. Board ini memiliki pin I/O yang cukup banyak, sejumlah 54 buah digital I/O pin (15 pin diantaranya adalah PWM), 16 pin analog input, 4 pin UART (serial port hardware). Arduino Mega 2560 dilengkapi dengan sebuah oscillator 16 Mhz, sebuah port USB, power jack DC, ICSP header, dan tombol reset. Board ini sudah sangat lengkap, sudah memiliki segala sesuatu yang dibutuhkan untuk sebuah mikrokontroler. Dengan penggunaan yang cukup sederhana, kita hanya tinggal menghubungkan power dari USB ke PC anda atau melalui adaptor AC/DC ke jack DC.<sup>[1]</sup>

**Tabel 2.1** Spesifikasi Arduino Mega 2560

Chip mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan operasi	5V
Tegangan input (yang direkomendasikan, via jack DC)	7V - 12V
Tegangan input (limit, via jack DC)	6V - 20V
Digital I/O pin	54 buah, 6 PWM
Analog Input pin	16 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	256 KB, 8 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock speed	16 Mhz
Dimensi	101.5 mm x 53.4 mm
Berat	37 g

*Arduino Mega* dapat diaktifkan melalui koneksi *USB* atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-*USB*) dapat berasal dari adaptor *AC-DC* atau baterai. Papan *Arduino Atmega 2560* dapat beroperasi dengan daya eksternal 6 V sampai 20 V. Jika tegangan kurang dari 7 V, maka pin 5 V mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 V dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih

dari 12 V, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 V sampai 12 V.<sup>[1]</sup> Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

**1) VIN**

*Input* tegangan untuk papan *Arduino* ketika menggunakan sumber daya eksternal.

**2) 5 Volt**

Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 V, dari pin ini tegangan sudah diatur (*ter-regulator*) dari *regulator* yang tersedia.

**3) GND**

Pin *Ground*.

**4) 3 V3**

Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 V. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (*on-board*). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.

**5) IOREF**

Pin ini 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 (*Vage translator*) pada *output* untuk bekerja pada tegangan 5 V atau 3,3 V.

## A. Memori

*Arduino ATmega2560* memiliki 256 KB *flash memory* untuk menyimpan kode (yang 8 KB digunakan untuk *bootloader*), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM).

## B. Input dan Output

*Arduino Mega 2560* memiliki 54 digital pin pada *Arduino Mega* dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Beberapa pin memiliki fungsi khusus, antara lain:

### 1) Serial

Terdiri atas pin 0 (RX) dan 1 (TX), pin *Serial* 19 (RX) dan 18 (TX), pin *Serial* 17 (RX) dan 16 (TX), pin *Serial* 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*.

### 2) Eksternal interupsi

Berupa 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 berubah nilai.

### 3) SPI

Terdiri dari 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*.

#### 4) LED

Berupa 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*).

#### 5) TWI

Terdiri atas 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 Mega2560* 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 V, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan pin AREF dan fungsi *analogReference*.

Ada beberapa pin lainnya yang tersedia, antara lain:

##### 1) AREF

Merupakan referensi tegangan untuk *input* analog. Digunakan dengan fungsi *analogReference()*.

##### 2) RESET

Merupakan 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*.

### C. Komunikasi

*Arduino Mega 2560* memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, *Arduino* lain, bahkan mikrokontroler lain. *ATmega 2560* menyediakan empat UART *hardware* untuk TTL (5V) komunikasi *serial*. Sebuah *chip ATmega16U2* yang terdapat pada papan digunakan sebagai media komunikasi *serial* melalui USB dan muncul sebagai *COM Port Virtual* (pada *Device* komputer) untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer. Perangkat lunak *Arduino* termasuk di dalamnya serial monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan *Arduino*. LED RX dan TX (pada pin 13) akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui chip *USB-to-serial* yang terhubung melalui USB komputer (tetapi tidak berlaku untuk komunikasi serial seperti pada pin 0 dan 1).

#### 2.2.2 Transformator

Transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandengan magnet dan berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet. Transformator digunakan secara luas, baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Penggunaan transformator dalam sistem tenaga memungkinkan terpilihnya tegangan yang sesuai, dan ekonomis untuk tiap-tiap keperluan misalnya kebutuhan akan tegangan tinggi dalam pengiriman daya listrik jarak jauh. Dalam bidang elektronika, transformator digunakan antara lain sebagai gandengan impedansi antara sumber dan beban, untuk memisahkan satu rangkain

dari rangkaian yang lain, dan untuk menghambat arus searah atau mengalirkan arus bolak-balik. Adapun rumus untuk menghitung tegangan dan arus pada masing-masing sisi primer dan sekunder yaitu :

$$E_1 = 4,44.N_1.f_1.\phi \dots \dots \dots \text{Persamaan (2-1)}$$

$$E_2 = 4,44.N_2.f_2.\phi \dots \dots \dots \text{Persamaan (2-2)}$$

Sehingga

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2-3)}$$

Dengan mengabaikan rugi tahanan dan adanya fluks bocor, maka perbandingan transformasi menjadi:

$$a = \frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2-4)}$$

Karena rugi rugi daripada lilitan ini diabaikan maka dapat dikatakan bahwa transformator ini dalam kondisi ideal sehingga berlaku persamaan:

$$P_1 = P_2 \dots \dots \dots \text{Persamaan (2-5)}$$

$$V_1.I_1 = P_2.I_2 \dots \dots \dots \text{Persamaan (2-6)}$$

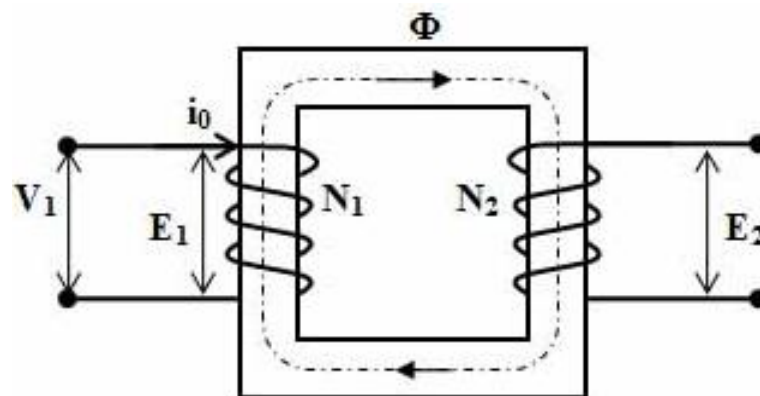
$$\frac{V_1}{I_2} = \frac{V_2}{I_1} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2-7)}$$

Ketika kumparan sekunder dihubungkan dengan beban L, maka pada belitan sekunder akan mengalir arus  $I_2$  sebesar  $I_2 = V_2/L$ . Pada transformator keadaan berbeban berlaku hubungan:

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \dots \dots \dots \text{Persamaan (2-8)}$$



Trafo catu daya dibedakan menjadi dua, yaitu trafo engkel dan trafo center tap (CT). Pada pembuatan realisasi ini yang digunakan adalah Trafo CT. Trafo CT Adalah trafo yang mempunyai besar keluaran yang berjumlah dua atau bebasangan (6 dengan 6) selain itu trafo ini punya ujung CT. CT ini digunakan sebagai arus negatif. Selain itu trafo CT keluarannya dapat di paralel (keluarannya dapat digabungkan tapi syaratnya harus pasangannya yaitu 6 dengan 6 atau 12 dengan 12). Inti besi pada trafo sengaja dibuat berkeping-keping, karena dengan bentuk kepingan terdapat rongga udara, ini juga digunakan sebagai pendingin trafo serta untuk mengurangi arus pusar yang menyebabkan rugi-rugi daya.<sup>[5]</sup>



**Gambar 2.2** Konstruksi transformator <sup>[5]</sup>

Dimana :

$V_1$  = Tegangan primer (Volt)

$N_1$  = Jumlah belitan primer

$V_2$  = Tegangan sekunder (Volt)

$N_2$  = Jumlah belitan sekunder

$E_1$  = Gaya gerak listrik pada belitan primer (Volt)

$E_2$  = Gaya gerak listrik pada belitan sekunder (Volt)

$I_0$  = Arus beban nol

$\phi$  = fluks magnetik pada inti (Weber)

### 2.2.3 Power Supply

Peralatan kecil portabel kebanyakan menggunakan baterai sebagai sumber dayanya, namun sebagian besar peralatan menggunakan sumber daya AC 220 volt - 50Hz. Didalam peralatan tersebut terdapat rangkaian yang sering disebut sebagai adaptor atau penyearah yang mengubah sumber AC menjadi DC. Di Bagian terpenting dari adaptor adalah berfungsinya diode sebagai penyearah (*rectifier*). Pada bagian ini dipelajari bagaimana rangkaian dasar adaptor tersebut bekerja.<sup>[9]</sup>

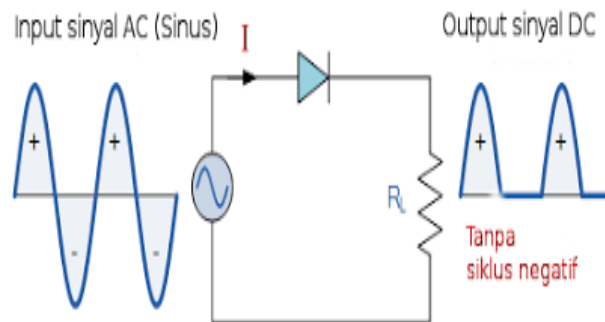
Penyearah gelombang (*rectifier*) adalah bagian dari *power supply* / catu daya yang berfungsi untuk mengubah sinyal tegangan AC (*Alternating Current*) menjadi tegangan DC (*Direct Current*). Komponen utama dalam penyearah gelombang adalah dioda yang dikonfigurasikan secara *forward bias*. Dalam sebuah *power supply* tegangan rendah, sebelum tegangan AC tersebut di ubah menjadi tegangan DC maka tegangan AC tersebut perlu di turunkan menggunakan transformator *stepdown*. Ada 3 bagian utama dalam penyearah gelombang pada suatu *power supply* yaitu, penyearah gelombang / *rectifier* (dioda), penurun tegangan (transformer), dan filter (kapasitor).<sup>[9]</sup>

Pada dasarnya konsep penyearah gelombang dibagi dalam 2 jenis yaitu, Penyearah setengah gelombang dan penyearah gelombang penuh. Namun selain dua konsep penyearah tersebut, terdapat pula rangkaian penyearah dengan filter untuk menyaring arus yang masuk pada rangkaian.<sup>[9]</sup>

### **2.2.3.1 Power Supply setengah gelombang**

Penyearah setengah gelombang (*half wave rectifier*) adalah sistem penyearah yang menggunakan satu blok dioda tunggal (bisa satu dioda atau banyak dioda yang diparalel) untuk mengubah tegangan dengan arus bolak-balik (AC) menjadi tegangan dengan arus searah (DC). Prinsip kerja penyearah setengah gelombang memanfaatkan karakteristik dioda yang hanya bisa dilalui arus satu arah saja. Disebut penyearah setengah gelombang karena penyearah ini hanya melewatkan siklus positif dari sinyal AC.<sup>[11]</sup>

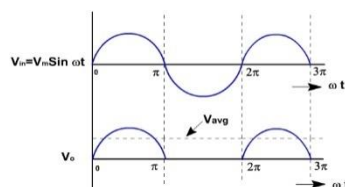
Rangkaian penyearah setengah gelombang banyak dipakai pada *power supply* dengan frekuensi tinggi seperti pada *power supply* SMPS dan keluaran transformator *Flyback* Televisi. Sistem penyearah setengah gelombang kurang baik diaplikasikan pada frekuensi rendah seperti jala-jala listrik rumah tangga dengan frekuensi 50Hz karena membuang satu siklus sinyal AC dan mempunyai riak (*rippe*) yang besar pada keluaran tegangan DC-nya sehingga membutuhkan kapasitor yang besar. Berikut gambar rangkaian penyearah setengah gelombang:



**Gambar 2.3** *Power Supply* setengah gelombang<sup>[11]</sup>

Penyearah setengah gelombang (half wave rectifier) hanya menggunakan 1 buah dioda sebagai komponen utama dalam menyearahkan gelombang AC.

Prinsip kerja dari penyearah setengah gelombang ini adalah mengambil sisi sinyal positif dari gelombang AC dari transformator. Pada saat transformator memberikan *output* sisi positif dari gelombang AC maka dioda dalam keadaan forward bias sehingga sisi positif dari gelombang AC tersebut dilewatkan dan pada saat transformator memberikan sinyal sisi negatif gelombang AC maka dioda dalam posisi reverse bias, sehingga sinyal sisi negatif tegangan AC tersebut ditahan atau tidak dilewatkan seperti terlihat pada gambar sinyal *output* penyearah setengah gelombang berikut:



**Gambar 2.4** Gelombang Output *power supply* setengah gelombang<sup>[11]</sup>

Formulasi yang digunakan pada penyearah setengah gelombang sebagai berikut.

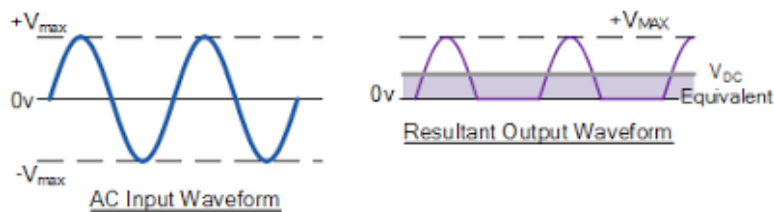
$$V_{avg} = \frac{V_m}{\pi} \dots \dots \dots (2-9)$$

Dimana :

$V_{avg}$  = Tegangan rata-rata

$V_m$  = Tegangan puncak

Perhitungan tegangan DC keluaran dari penyearah setengah gelombang mengacu pada kondisi saat fasa on dan OFF pada gelombang *output*. Pada saat fase positif, dioda menghantar sehingga tegangan keluaran saat itu sama dengan  $V_{max}$  dari sinyal *input*. Kemudian saat fase negatif, dioda tidak menghantar sehingga tegangan keluaran pada fase ini sama dengan nol.<sup>[10]</sup>



**Gambar 2.5** Output Penyearah Setengah Gelombang<sup>[11]</sup>

Berdasarkan kondisi diatas maka dapat dirumuskan bahwa besarnya tegangan output dari penyearah setengah gelombang adalah  $V_{max}$  dibagi dengan  $\pi$  (pi). Dimana besarnya  $V_{max}$  adalah tegangan puncak (*V-peak*) dari salah satu siklus sinyal AC. Atau sebesar  $0.318V_{max}$ . Dan jika dihitung dengan nilai RMS menjadi  $0.318$  kali  $\sqrt{2}$  sama dengan  $0.45V_{rms}$ .<sup>[11]</sup>

$$V_{dc} = \frac{V_{max}}{\pi} = 0,318V_{max} = 0,45V_{rms} \dots \dots \dots (2-10)$$

Dimana:

$V_{dc}$  = Tegangan DC

$V_{max}$  = tegangan maksimum

Rangkaian penyearah setengah gelombang ini memiliki kelemahan pada kualitas arus DC yang dihasilkan. Arus DC rata-rata yang dihasilkan dari rangkaian ini hanya 0,318 dari arus maksimum-nya, jika dituliskan dalam persamaan matematika adalah sebagai berikut;

$$I_{AV} = 0,318 \cdot I_{MAX} \dots \dots \dots (2-11)$$

Ket:

$I_{av}$  = Arus Rata-Rata

$I_{max}$  = Arus maksimum

Oleh sebab itu rangkaian penyearah setengah gelombang lebih sering digunakan sebagai rangkaian yang berfungsi untuk menurunkan daya pada suatu rangkaian elektronika sederhana dan digunakan juga sebagai demodulator pada radio penerima AM.

Penyearah setengah gelombang memiliki kelebihan dari segi rangkaian yang sangat simpel dan sederhana. Karena menggunakan satu dioda maka biaya yang dibutuhkan untuk rangkain lebih murah.

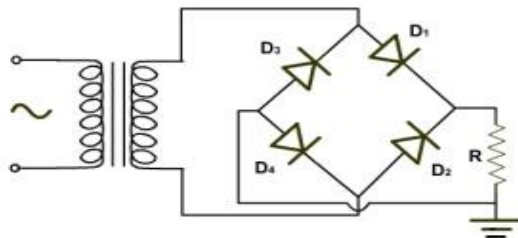
Kelemahan dari penyearah setengah gelombang adalah keluarannya memiliki riak (*ripple*) yang sangat besar sehingga tidak halus dan membutuhkan kapasitor besar pada aplikasi frekuensi rendah seperti listrik PLN 50Hz. Kelemahan

ini tidak berlaku pada aplikasi *power supply* frekuensi tinggi seperti pada rangkaian SMPS yang mempunyai duty cycle diatas 90%.

Kelemahan penyearah setengah gelombang lainnya adalah kurang efisien karena hanya mengambil satu siklus sinyal saja. Artinya siklus yang lain tidak diambil alias dibuang. Ini mengakibatkan keluaran dari penyearah setengah gelombang memiliki daya yang lebih kecil.

### 2.2.3.2 Power Supply Gelombang Penuh

Penyearah Gelombang Penuh (Full wave *Rectifier*) Penyearah gelombang penuh dapat dibuat dengan 2 macam yaitu, menggunakan 4 dioda dan 2 dioda. Untuk membuat penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda menggunakan transformator non-CT seperti terlihat pada gambar berikut:



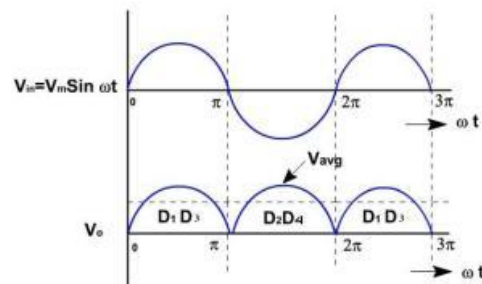
**Gambar 2.6** Rangkaian Pemyearah Gelombang Penuh 4 Dioda<sup>[11]</sup>

Prinsip kerja dari penyearah gelombang penuh dengan 4 dioda diatas dimulai pada saat *output* transformator memberikan level tegangan sisi positif, maka D1, D4 pada posisi forward bias dan D2, D3 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi puncak positif tersebut akan di lewatkan melalui D1 ke D4.<sup>[11]</sup>

Kemudian pada saat *output* transformator memberikan level tegangan sisi puncak negatif maka D2, D4 pada posisi forward bias dan D1, D2 pada posisi

reverse bias sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D2, D4.

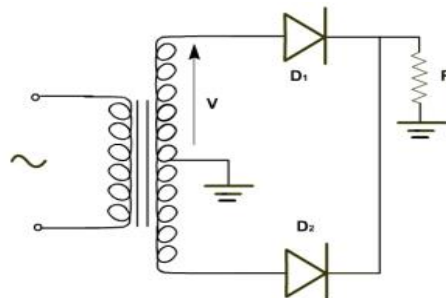
Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik *output* berikut.



**Gambar 2.7** Output Penyearah Gelombang Penuh<sup>[11]</sup>

### 2.2.3.3 Penyearah Gelombang Penuh dengan Trafo CT

Penyearah gelombang dengan 2 dioda menggunakan transformator dengan CT (*Center Tap*). Rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda dapat dilihat pada gambar berikut :

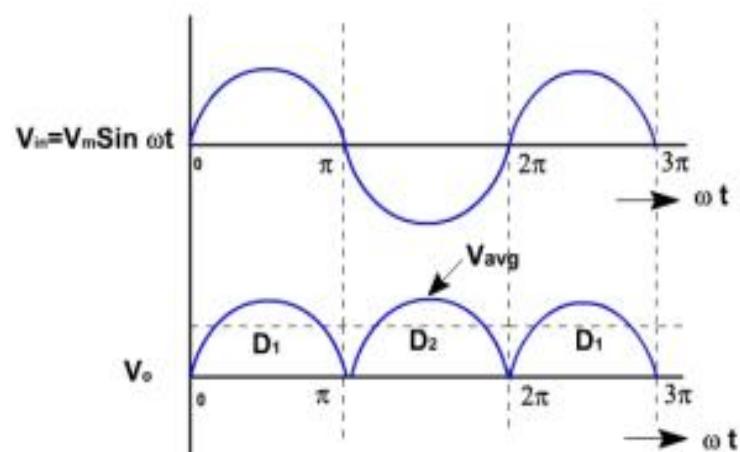


**Gambar 2.8** Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh 2 Dioda<sup>[11]</sup>

Prinsip kerja rangkaian penyearah gelombang penuh dengan 2 dioda ini dapat bekerja karena menggunakan transformator dengan CT. Transformator dengan CT seperti pada gambar diatas dapat memberikan *output* tegangan AC pada kedua terminal *output* sekunder terhadap terminal CT dengan level tegangan yang berbeda fasa  $180^\circ$ . Pada saat terminal *output* transformator pada  $D_1$  memberikan sinyal



puncak positif maka terminal *output* pada D2 memberikan sinyal puncak negatif, pada kondisi ini D1 pada posisi forward dan D2 pada posisi reverse. Sehingga sisi puncak positif dilewatkan melalui D1. Kemudian pada saat terminal *output* transformator pada D1 memberikan sinyal puncak negatif maka terminal *output* pada D2 memberikan sinyal puncak positif, pada kondisi ini D1 posisi reverse dan D2 pada posisi forward. Sehingga sinyal puncak positif dilewatkan melalui D2. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar *output* penyearah gelombang penuh berikut.<sup>[10]</sup>

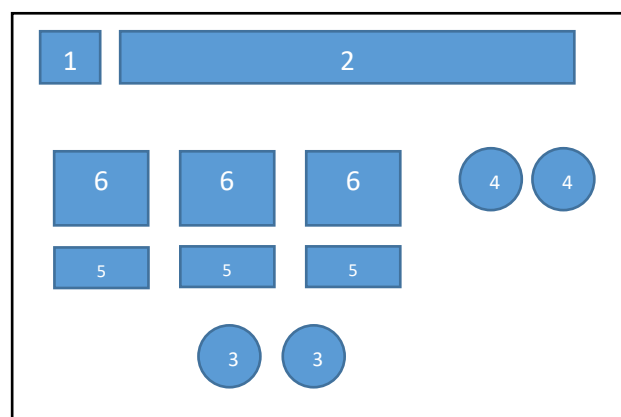


**Gambar 2.9** Output Penyearah Gelombang Penuh<sup>[10]</sup>

#### 2.2.4 Human Machine Interface (HMI)

HMI (*Human Machine Interface*) merupakan sebuah perantara yang berupa software baik itu di PC maupun mobile untuk melakukan antarmuka antara board mikrokontroler dengan device, baik itu berupa kontrol, monitoring sampai menyimpan data (*database*). Dalam tugas akhir ini penulis menggunakan *software* VTScada.<sup>[1]</sup>

Dalam dunia industri HMI dapat berupa suatu tampilan *Graphic User Interface* (GUI) pada layar monitor yang dihadapi oleh operator suatu mesin maupun pengguna yang membutuhkan data kerja mesin. HMI mempunyai kemampuan dalam hal visualisasi untuk memonitoring suatu mesin secara online. HMI akan memberikan suatu gambaran kondisi mesin yang berupa tampilan di monitor.<sup>[1]</sup>



**Gambar 2.10** Desain HMI pada VTScada

Keterangan nomor pada gambar 2.10 adalah sebagai berikut :

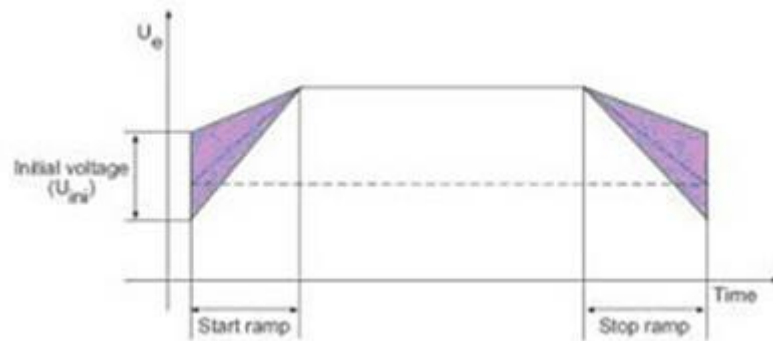
1. Logo Undip : Logo Undip menandakan tempat penulis menempuh kegiatan perkuliahan yaitu di Universitas Diponegoro
2. Judul Alat Tugas Akhir : Judul alat tugas akhir adalah bagian dimana judul dari alat simulasi tersebut ditampilkan sehingga *audience* mengerti alat apa yang sedang di monitoring oleh HMI
3. Tombol : Tombol adalah bagian dari sistem kontrol pada alat tugas akhir yang dihubungkan dengan arduino. Terdapat 2 tombol yaitu *Softstart* dan *Direct On Line* (DOL)

4. Indikator : Indikator ini berupa *display* yang akan menampilkan status atau indikator keadaan alat yang dikontrol
5. Monitoring Arus, Tegangan dan Kecepatan : Monitoring ini berupa *display* yang akan menampilkan arus, tegangan dan kecepatan pada laptop. Arus dan tegangan yang di monitoring adalah arus fasa – netral motor serta untuk kecepatan yaitu perhitungan rpm/rotasi pada *encoder* motor.
6. Grafik : Monitoring ini berupa *display* yang akan menampilkan perubahan arus, tegangan dan kecepatan motor terhadap waktu.

Sistem HMI ini bekerja secara online dan real time dengan membaca data yang dikirimkan melalui I/O port yang digunakan oleh kontroler. Port yang biasanya digunakan untuk controller dan akan dibaca oleh HMI antara lain adalah port com, port USB, port RS232 dan port serial.<sup>[1]</sup>

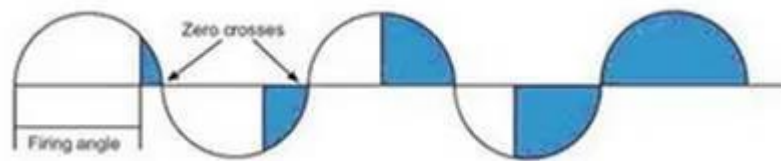
### **2.2.5 Softstarting**

*Softstarting* merupakan metode pengasutan yang bekerja dengan cara mengurangi tegangan pengasutan motor induksi, kemudian menaikkan tegangan secara bertahap sampai tegangan penuh. Metode *softstarting* ini menjadi solusi tingginya nilai arus saat pengasutan motor induksi dan merupakan metode dengan nilai arus pengasutan yang rendah. Pada Tugas Akhir ini metode *softstarting* dengan memberikan tegangan input ke motor secara bertahap. Pemberian tegangan input diatur menggunakan triac yang ditrigger dengan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Rangkaian *Softstarting* digunakan saat pengasutan dan motor terhubung secara langsung ke sumber tenaga ketika running.<sup>[13]</sup>



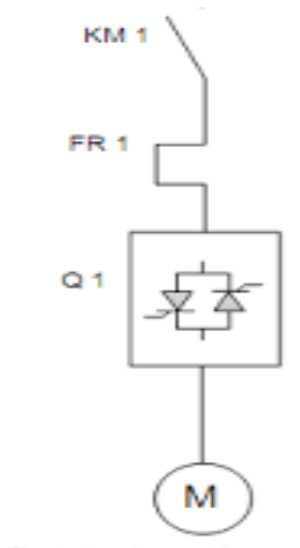
**Gambar 2.11** Prinsip *Soft Start*<sup>[8]</sup>

Komponen utama softstarter adalah thyristor dan rangkaian yang mengatur trigger thyristor. Seperti diketahui, output thyristor dapat di atur via pin gate nya. Rangkaian tersebut akan mengontrol level tegangan yang akan dikeluarkan oleh thyristor. Thyristor yang terpasang bisa pada 2 phase atau 3 phase.



**Gambar 2.12** Gelombang Sinus Terhadap *Soft Start*<sup>[8]</sup>

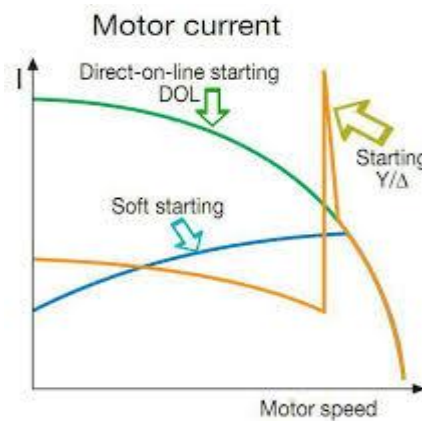
Selain untuk starting motor, Softstarter juga dilengkapi fitur soft stop. Jadi saat stop, tegangan juga dikurangi secara perlahan atau tidak dilepaskan begitu saja seperti pada starter yang menggunakan contactor.



**Gambar 2.13** *Soft Start*

(Sumber : google.com diakses pada tanggal 3 April 2019)

*Softstarter* tidak mengubah frekuensi atau kecepatan seperti *drive*. Sebaliknya itu meningkatkan tegangan yang diberikan ke motor dari tegangan awal ke tegangan penuh. Awalnya, tegangan ke motor sangat rendah bahwa itu hanya dapat menyesuaikan permainan antara roda gigi atau peregangan mengemudi sabuk dll untuk menghindari tersentak tiba-tiba selama permulaan. Secara bertahap, tegangan dan torsi meningkat sehingga mesin mulai berakselerasi. Salah satu manfaatnya dengan metode awal ini adalah kemungkinan untuk menyesuaikan torsi dengan kebutuhan yang tepat, apakah aplikasi dimuat atau tidak. Menggunakan softstarter akan mengurangi permulaan arus dan dengan demikian menghindari penurunan tegangan jaringan. Ini juga akan mengurangi awal torsi dan tekanan mekanis pada peralatan, sehingga mengurangi kebutuhan layanan dan pemeliharaan.<sup>[13]</sup>



**Gambar 2.14** Perbandingan antara metode DOL, Softstarting, Star-Delta

(Sumber : google.com diakses pada tanggal 3 April 2019)

### 2.2.5.1 Daya Pada Hubungan 1 Fasa

Jumlah daya yang diberikan oleh suatu motor 1 fase atau daya yang diserap oleh beban 1 fase, diperoleh dengan mengkalikan tegangan, arus fasa dan  $\cos \theta$  nya . Sehingga diperoleh persamaan:

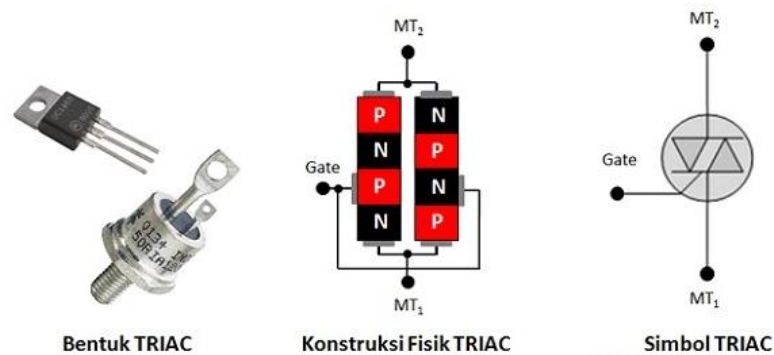
$$P_{\text{fase}} = V_{\text{fase}} \cdot I_{\text{fase}} \cdot \cos \theta \dots\dots\dots(2-12)$$

sedangkan besarnya total daya adalah penjumlahan dari besarnya daya tiap fase.<sup>[8]</sup>

### 2.2.6 Triac (*Triode for Alternating Current*)

TRIAC adalah perangkat semikonduktor berterminal tiga yang berfungsi sebagai pengendali arus listrik. Nama TRIAC ini merupakan singkatan dari **TRI**ode *for Alternating Current* (Trioda untuk arus bolak balik). Sama seperti SCR, TRIAC juga tergolong sebagai Thyristor yang berfungsi sebagai pengendali atau Switching. Namun, berbeda dengan SCR yang hanya dapat dilewati arus listrik dari satu arah (unidirectional), TRIAC memiliki kemampuan yang dapat mengalirkan arus listrik

ke kedua arah (bidirectional) ketika dipicu. Terminal Gate TRIAC hanya memerlukan arus yang relatif rendah untuk dapat mengendalikan aliran arus listrik AC yang tinggi dari dua arah terminalnya. TRIAC sering juga disebut dengan *Bidirectional Triode Thyristor*. Pada dasarnya, sebuah TRIAC sama dengan dua buah SCR yang disusun dan disambungkan secara antiparalel (paralel yang berlawanan arah) dengan Terminal Gerbang atau Gate-nya dihubungkan bersama menjadi satu. Jika dilihat dari strukturnya, TRIAC merupakan komponen elektronika yang terdiri dari 4 lapis semikonduktor dan 3 Terminal, Ketiga Terminal tersebut diantaranya adalah MT1, MT2 dan Gate. MT adalah singkatan dari Main Terminal.<sup>[16]</sup>



**Gambar 2.15** Bentuk dan Simbol TRIAC

(Sumber : google.com diakses pada tanggal 3 April 2019)

TRIAC merupakan komponen yang sangat cocok untuk digunakan sebagai AC Switching (Saklar AC) karena dapat mengendalikan aliran arus listrik pada dua arah siklus gelombang bolak-balik AC. Kemampuan inilah yang menjadi kelebihan dari TRIAC jika dibandingkan dengan SCR. Namun TRIAC pada umumnya tidak digunakan pada rangkaian switching yang melibatkan daya yang sangat tinggi.

Salah satu alasannya adalah karena karakteristik Switching TRIAC yang non-simetris dan juga gangguan elektromagnetik yang diciptakan oleh listrik yang berdaya tinggi itu sendiri.<sup>[16]</sup>

Beberapa aplikasi TRIAC pada peralatan-peralatan Elektronika maupun listrik diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Pengatur pada Lampu Dimmer.
2. Pengatur Kecepatan pada Kipas Angin.
3. Pengatur Motor kecil.
4. Pengatur pada peralatan-peralatan rumah tangga yang berarus listrik AC.

### 2.2.7 Optoisolator MOC 3021

Optotriac dengan tipe MOC3021 dimana penggerakannya menggunakan diode infra merah dan keluarannya berupa *photo triac*.<sup>[15]</sup>

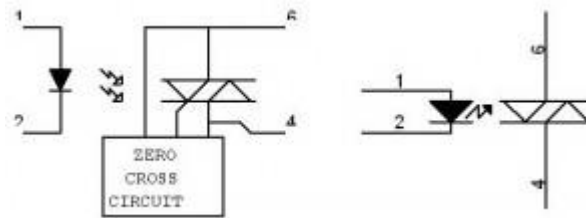
Pada rangkaian driver ini yang perlu diperhatikan adalah besarnya arus yang diperlukan untuk menggerakkan *photo triac* agar terhubung, dan besarnya arus yang dibutuhkan oleh rangkaian tegangan ac (*triac*). Besarnya arus yang diperlukan pada led infra merah agar *photo triac* terhubung adalah berkisar antara 8 – 15 mA, sedangkan arus maksimum yang diperbolehkan melewati *photo triac* adalah sebesar 100 mA. Dengan menggunakan Vcc sebesar 5 volt, untuk mengalirkan arus pada led sebesar 15 mA.<sup>[15]</sup>

Besarnya arus yang mengalir pada *photo triac* ditentukan melalui arus yang diperlukan oleh *gate* pada *triac* daya. Hal ini tergantung pada *triac* yang dipakai.



Pada system ini *triac* yang digunakan membutuhkan arus *gate* maksimum 50 mA.

[15]



**Gambar 2.16** Simbol Optoisolator

(Sumber : google.com diakses pada tanggal 3 April 2019)

Hal-hal yang diperlukan dalam menggunakan optoisolator adalah besarnya arus pada diode infra merah untuk membuat photo triac terkunci (latch), juga besarnya arus maksimum yang mampu dilewati photo triac untuk mengalirkan arus gate pada triac daya. Kemampuan Optoisolator tipe MOC302x dan MOC304x dalam mengisolasi tegangan antara rangkaian kontrol dan rangkaian daya, arus driver maksimum yang boleh diberikan ke komponen Optoisolator MOC302x dan MOC304x dan tegangan maksimum yang dapat di kontrol menggunakan Optoisolator tersebut dapat dilihat pada tabel berikut. [15]

**Tabel 2.2** Karakteristik Optoisolator tipe MOC302x dan MOC304x.

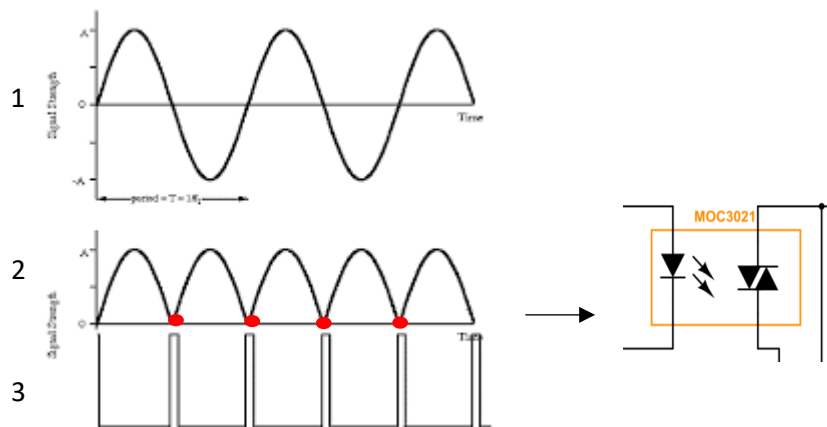
Tipe	Penggerak LED	Tegangan puncak TRIAC	Tegangan Isolasi	Keterangan
MOC3021	15mA	400V	7500V	-
MOC3022	10mA	400V	7500V	-
MOC3023	5mA	400V	7500V	-
MOC3041	15mA	400V	7500V	<i>Zero cross circuit</i>
MOC3042	10mA	400V	7500V	<i>Zero cross circuit</i>
MOC3043	5mA	400V	7500V	<i>Zero cross circuit</i>

### 2.2.8 Zero Crossing Detector

*Zero crossing detector* adalah rangkaian yang digunakan untuk mendeteksi gelombang sinus AC 220 volt saat melewati titik tegangan nol. Seberangan titik nol yang dideteksi adalah peralihan dari positif menuju negatif dan peralihan dari negatif menuju positif. Seberangan-seberangan titik nol ini merupakan acuan yang digunakan sebagai awal pemberian nilai waktu tunda untuk pemicuan triac.<sup>[15]</sup>

Metode ini berfungsi untuk menentukan frekuensi suatu gelombang dengan cara mendeteksi banyaknya zero point pada suatu rentang waktu. *Zero crossing*

*detector* berfungsi untuk mendeteksi perpotongan gelombang sinus pada tegangan AC dengan *zero point* tegangan AC tersebut, sehingga dapat memberikan sinyal acuan saat dimulainya pemicuan sinyal PWM. Dengan menggunakan rangkaian *zero crossing detector* ini, kita dapat mendeteksi *zero point* sekaligus mengubah suatu sinyal sinusoidal (*sine wave*) menjadi sinyal kotak (*square wave*). Perpotongan titik nol yang terdeteksi adalah pada saat peralihan dari siklus positif menuju siklus negatif dan peralihan dari siklus negatif menuju siklus positif.<sup>[15]</sup>



**Gambar 2.17** Fasa dimana tidak ada tegangan input adalah *zero crossing* <sup>[15]</sup>

Keterangan nomor pada gambar 2.17 adalah sebagai berikut :

1. Pada saat siklus ini berfungsi untuk menentukan frekuensi suatu gelombang dengan cara mendeteksi banyaknya zero point pada suatu rentang waktu. *Zero crossing detector* berfungsi untuk mendeteksi perpotongan gelombang sinus pada tegangan AC dengan *zero point* tegangan AC tersebut, sehingga dapat memberikan sinyal acuan saat dimulainya pemicuan sinyal PWM.<sup>[15]</sup>

2. Rangkaian pembentuk dari *zero crossing detector* berupa optocoupler dan diode bridge. Rangkaian *zero crossing detector* ini sering digunakan pada perangkat pengontrolan beban AC yang dikendalikan menggunakan *triac*. Maka pada saat siklus ini dapat ditentukan titik nol nya.<sup>[15]</sup>
3. Titik persilangan dengan nol tegangan sumber untuk beban yang dikendalikan dengan komponen saklar berupa *optoisolator* diperlukan untuk menentukan waktu mulai pemberian *triger* atau sinyal control pada *optoisollator* tersebut. Pemberian sinyal output pada *zero crossing detector* berupa sinyal gelombang kotak (*square wave*) yang tepat pada titik persilangan nol bertujuan agar data yang diolah dengan keluarannya bisa sinkron. Sinyal ini didapatkan dari perpotongan titik nol dan akan memberikan output “high” 5 v apabila titik nol sudah ditentukan<sup>[15]</sup>

### 2.2.9 Motor Induksi 1 Fasa

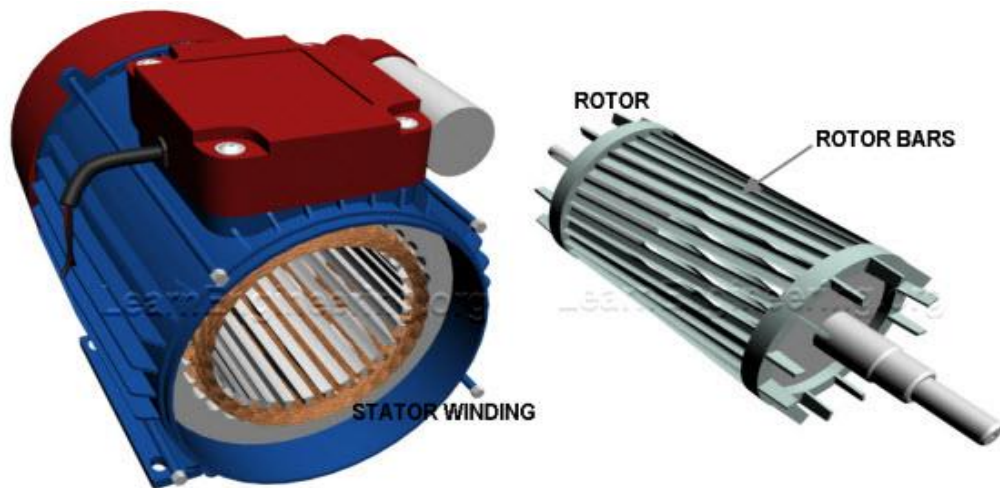


**Gambar 2.18** Motor Induksi 1 fasa

(Sumber : google.com diakses pada tanggal 3 April 2019)

Suatu motor induksi terdiri atas dua bagian utama, yaitu yang pertama adalah stator atau bagian yang diam tempat dibangkitkannya medan magnet

putar, yang kedua ialah rotor atau bagian yang berputar tempat diinduksikannya gaya gerak listrik oleh medan putar.<sup>[8]</sup>



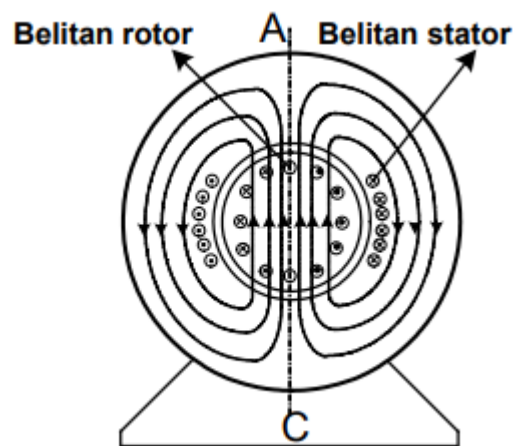
**Gambar 2.19** Bagian Utama Motor Induksi 1 Fasa

(Sumber : google.com diakses pada tanggal 3 April 2019)

Putaran rotor motor induksi tidak sama dengan putaran medan stator, dengan kata lain putaran rotor dengan putaran medan stator terdapat selisih putaran yang disebut slip.<sup>[8]</sup>

Kecepatan putaran motor induksi ditentukan oleh kecepatan medan stator dan slip akibat beban yang dihubungkan dengan poros motor. Kecepatan putaran rotor selalu lebih rendah dari pada kecepatan medan stator. Perbedaan relative antara putaran rotor dan kecepatan stator disebut slip. Nilai slip dipengaruhi oleh beban. Pada keadaan tanpa beban, slip motor induksi sangat rendah sehingga putaran rotor mendekati kecepatan sinkron. Jika motor dibebani maka slip akan bertambah sehingga putaran motor menjadi berkurang<sup>[8]</sup>

Jika motor induksi satu fasa diberikan tegangan bolak – balik satu fasa maka arus bolak – balik akan mengalir pada kumparan stator. Arus pada kumparan stator ini menghasilkan medan magnet seperti yang di tunjukkan oleh garis putus – putus pada gambar 2.20

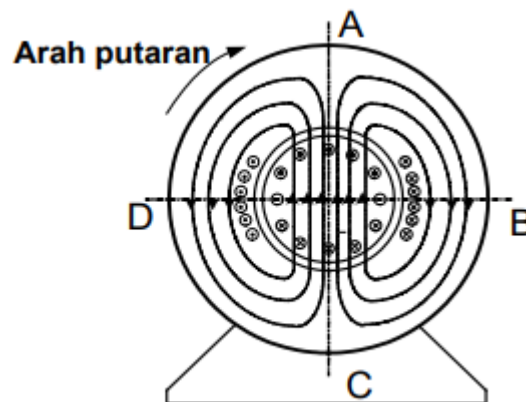


**Gambar 2.20** Medan Magnet Stator Berpulsa Segaris Garis AC<sup>[8]</sup>

Arus stator yang mengalir setengah periode pertama akan membentuk kutub utara dia A dan kutub selatan di C pada permukaan stator. Pada setengah periode berikutnya, arah kutub – kutub stator menjadi terbalik. Meskipun kuat medan magnet stator berubah – ubah yaitu maksimum pada saat arus maksimum dan nol pada saat arus nol serta polaritasnya terbalik secara periodic, aksi ini akan terjadi hanya sepanjang sumbu AC. Dengan demikian, medan magnet ini tidak berputar tetapi hanya merupakan sebuah medan magnet yang berpulsa pada posisi yang tetap (*stationary*).<sup>[8]</sup>

Seperti halnya pada transformator, tegangan terinduksi pada belitan sekunder, dalam hal ini adalah kumparan rotor. Karena rotor dari motor induksi satu

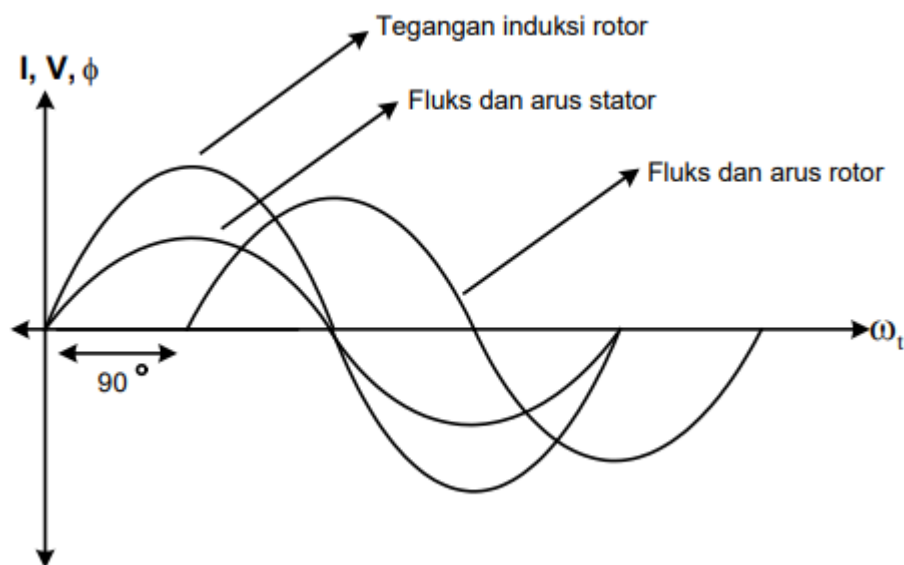
fasa pada umumnya adalah rotor sangkar dimana belitannya terhubung singkat, maka arus akan mengalir pada kumparan rotor tersebut. Sesuai dengan hukum Lenz, arah dari arus ini (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.20) adalah sedemikian rupa sehingga medan magnet yang dihasilkan melawan medan magnet yang menghasilkannya. Arus rotor ini akan menghasilkan medan magnet rotor dan membentuk kutub – kutub pada permukaan rotor. Karena kutub – kutub ini juga berada pada sumbu AC dengan arah yang berlawanan terhadap kutub – kutub stator, maka tidak ada momen putar yang dihasilkan pada kedua arah sehingga rotor tetap diam. Dengan demikian, motor induksi satu fasa tidak dapat diasut sendiri dan membutuhkan rangkaian bantu untuk menjalankannya.<sup>[8]</sup>



**Gambar 2.21** Motor Dalam Keadaan Berputar<sup>[8]</sup>

Misalkan sekarang motor sedang berputar. Hal ini dapat dilakukan dengan memutar secara manual (dengan tangan) atau dengan rangkaian bantu. Konduktor – konduktor rotor akan memotong medan magnet stator sehingga timbul gaya gerak listrik pada konduktor – konduktor tersebut. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 2.21 yang menunjukkan rotor sedang berputar searah jarum jam.<sup>[8]</sup>

Jika fluks rotor seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.21 mengarah ke atas sesuai dengan kaidah tangan kanan Fleming, arah gaya gerak listrik (ggl) rotor akan mengarah keluar kertas pada setengah bagian atas rotor dan mengarah ke dalam kertas pada setengah bagian bawah rotor. Pada setengah periode berikutnya arah dari gaya gerak listrik yang dibangkitkan akan terbalik. Gaya gerak listrik yang diinduksikan ke rotor adalah berbeda dengan arus dan fluks stator. Karena konduktor – konduktor rotor terbuat dari bahan dengan tahanan rendah dan induktansi tinggi, maka arus rotor yang dihasilkan akan tertinggal terhadap gaya gerak listrik rotor mendekati  $90^{\circ}$ . Gambar 2.22 menunjukkan hubungan fasa dari arus dan fluks stator, gaya gerak listrik, arus dan fluks rotor.<sup>[8]</sup>

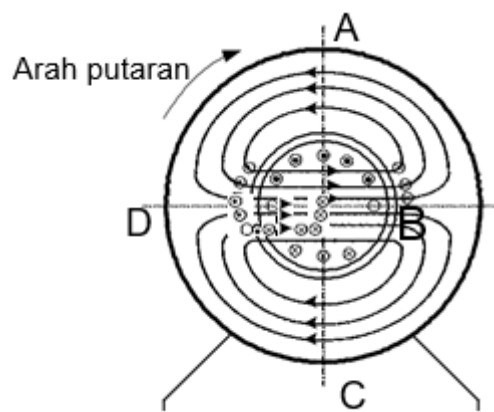


**Gambar 2.22** Fluks Rotor Tertinggal Terhadap Fluks Stator Sebesar  $90^{\circ}$ <sup>[8]</sup>

Sesuai dengan kaidah tangan kanan Fleming, arus rotor ini akan menghasilkan medan magnet, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.22 karena medan rotor ini terpisah sebesar  $90^{\circ}$  dari medan stator, maka disebut sebagai medan



silang (*cross-field*). Nilai maksimum dari medan ini seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.23, terjadi pada saat seperempat periode setelah gaya gerak listrik rotor yang dibangkitkan adalah telah mencapai nilai maksimumnya. Karena arus rotor yang mengalir disebabkan oleh suatu gaya gerak listrik bolak – balik maka medan magnet yang dihasilkan oleh arus ini adalah juga bolak – balik dan aksi ini terjadi sepanjang sumbu DB dapat dilihat pada gambar 2.23



**Gambar 2.23** Medan Silang yang Dibangkitkan Arus Stator<sup>[8]</sup>

Karena medan silang beraksi pada sudut  $90^0$  terhadap medan magnet stator dengan sudut fasa yang juga tertinggal  $90^0$  terhadap medan stator, kedua medan bersatu untuk membentuk sebuah medan putar. <sup>[8]</sup>

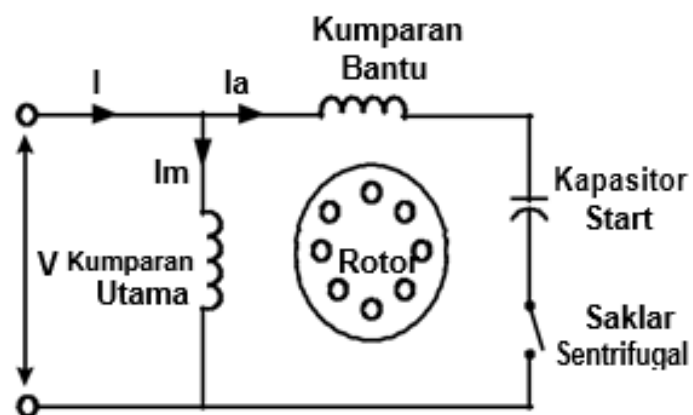
Jenis motor yang digunakan pada alat ini adalah motor induksi satu fasa jenis *start capacitor*. Konstruksi motor kapasitor start ditunjukkan pada Gambar 2.24a.



**Gambar 2.24a** Konstruksi Motor Induksi Satu Fasa *Start Capacitor*

(Sumber : google.com diakses pada tanggal 3 April 2019)

Untuk mendapatkan torsi putar awal yang lebih besar, yaitu dengan cara menghubungkan sebuah kapasitor yang dipasang secara seri dengan kumparan bantu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.24b



**Gambar 2.24b** Rangkaian Motor Start Capacitor<sup>[8]</sup>

**Tabel 2.3** Spesifikasi Motor yang Digunakan

No.	Besaran	Nominal
1	Tegangan	220 V
2	Daya	0,75 KW
3	Frekuensi	50 Hz
4	Arus	4,9 A
5	Kecepatan	2800 rpm

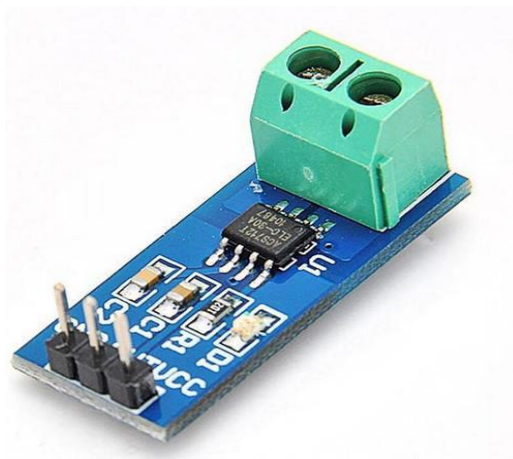
### 2.2.10 Sensor ACS712

ACS712 adalah sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Sensor ini digunakan pada aplikasi – aplikasi di bidang industry, komersial, maupun dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih, dan lain sebagainya.<sup>[15]</sup>

Berikut ini adalah karakteristik dari sensor arus ACS712 :

- 1) Memiliki sinyal analog dengan sinyal gangguan rendah (*low-noise*)
- 2) Ber-*bandwidth* 80KHz
- 3) Total output error 1.5% pada  $T_a = 25^{\circ}\text{C}$

- 4) Memiliki resistansi dalam  $1.2 \text{ m}\Omega$
- 5) Tegangan sumber operasi tunggal  $5.0\text{V}$
- 6) Sensitivitas keluaran:  $66 \text{ sd } 185 \text{ mV/A}$
- 7) Tegangan keluaran proporsional terhadap arus AC ataupun DC
- 8) Fabrikasi kalibrasi
- 9) Tegangan *offset* keluaran yang sangat stabil
- 10) Hysterisis akibat medan magnet mendekati nol
- 11) Rasio keluaran sesuai tegangan sumber



**Gambar 2.25** Sensor Arus ACS712

(Sumber : google.com diakses pada tanggal 3 April 2019)

### 2.2.11 Sensor Tegangan

Sensor tegangan ini digunakan untuk mendapatkan parameter tegangan antar fasa dengan mengukur tegangan tiap fasa menggunakan rangkaian sensor tegangan yang telah dirancang berjumlah tiga buah dan kemudian diproses oleh

mikrokontroler *Arduino mega 2560* sehingga dapat mengetahui besar tegangan antar fasa yang ditampilkan pada *display* HMI.<sup>[4]</sup>

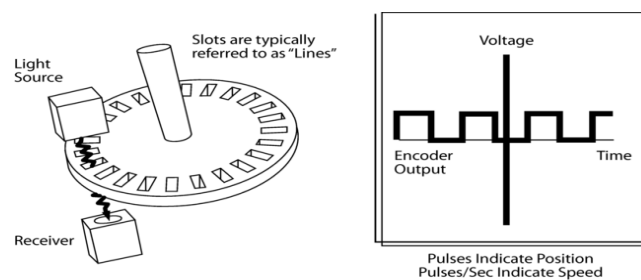
Rangkaian ini pada intinya terdiri dari transformator *step down* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan, rangkaian penyearah, filter kapasitor, serta rangkaian pembagi tegangan. Pada sensor tegangan ini terdapat dua buah resistor yang digunakan sebagai rangkaian pembagi tegangan yang akan menurunkan tegangan dari tegangan sumber menjadi tegangan yang dikehendaki. Nilai tegangan awal antar fasa adalah 220 volt. Sensor tegangan ini tidak langsung terhubung dengan sumber tegangan 220 volt, Karena tegangan tersebut dirasa terlalu bahaya untuk langsung diolah, baik bagi alat maupun bagi pengguna. Untuk mengatasi hal tersebut maka dibutuhkan transformator *step down* yang digunakan untuk menurunkan tegangan tersebut menjadi tegangan yang diinginkan. Kemudian tegangan tersebut disearahkan menggunakan diode penyearah gelombang penuh sehingga didapatkan tegangan keluaran volt DC yang bervariasi karena tegangan sumber antar fasanya pun juga bervariasi.<sup>[4]</sup>

### **2.2.12 Sensor Optocoupler**

Optocoupler adalah suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu transmitter dan receiver, yaitu antara bagian cahaya dengan bagian deteksi sumber cahaya terpisah. Biasanya optocoupler digunakan sebagai saklar elektrik, yang bekerja secara otomatis. Optocoupler adalah suatu komponen penghubung (coupling) yang bekerja berdasarkan picu cahaya optic.<sup>[4]</sup>

Optocoupler terdiri dari dua bagian yaitu :

1. Pada transmitter dibangun dari sebuah LED infra merah. LED infra merah memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak. Cahaya yang dipancarkan oleh LED infra merah tidak terlihat oleh mata telanjang.
2. Pada bagian receiver dibangun dengan dasar komponen phototransistor. Phototransistor merupakan suatu transistor yang peka terhadap tenaga cahaya untuk menangkap radiasi dari sinar infra merah. Dapat dilihat pada gambar 2.26

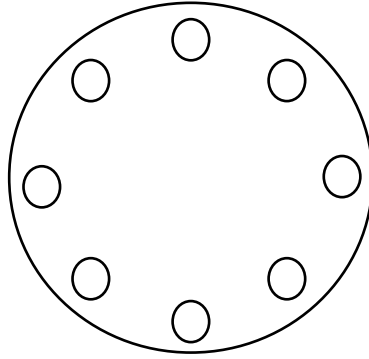


**Gambar 2.26 Encoder**

(Sumber : google.com diakses pada tanggal 3 April 2019)

Penerapan optocoupler pada tugas akhir ini adalah sebagai *rotary encoder* yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan putaran motor yang nantinya akan digunakan untuk pemindahan konfigurasi dari star ke delta. *Rotary encoder* tersebut memanfaatkan sebuah piringan yang diseluruh tepinya diberi lubang. Dan dari lubang jika berputar akan memiliki pola „1“ dan „0“ (*high dan*

low). Rumus menghitung RPM pada motor menggunakan sensor optocoupler sebagai sensor kecepatan :



**Gambar 2.27** Piringan Yang Digunakan

Dari gambar di atas menggunakan 8 lubang dan berikut cara mencari putaran atau RPM pada motor :

Misal diketahui lubang pada piringan adalah 8 lubang kemudian jika sensor membaca rpm tiap 3 detik dan melewati 180 lubang maka rumus yang digunakan adalah :

Rumus yang digunakan adalah :

- Jumlah pulsa \* 60 detik / 3 detik x jumlah lubang selama 3 detik / jumlah lubang pada piringan.....(2-13)

Maka :

$$60 \text{ detik} / 3 \text{ detik} = 20 \text{ detik}$$

$$20 \times 180 / 8 = 450 \text{ rpm}$$

Maka dari rumus di atas langsung diperoleh Rpm motor = 450 rpm.

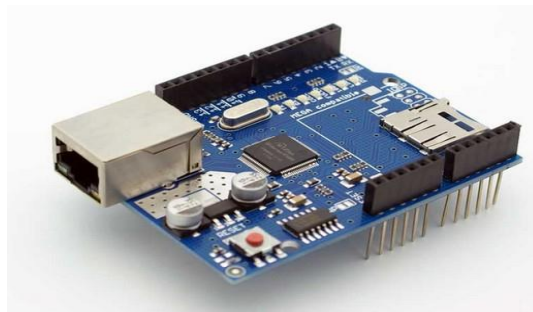
### 2.2.13 Ethernet Shield

Ethernet Shield adalah modul yang digunakan untuk mengkoneksikan Arduino dengan komputer menggunakan kabel (Wired). Arduino Ethernet Shield dibuat berdasarkan pada Wiznet W5100 ethernet chip. Wiznet W5100 menyediakan IP untuk TCP dan UDP, yang mendukung hingga 4 socket secara simultan.<sup>[6]</sup>

Selain itu module ini juga terdapat sebuah onboard micro-SD slot, yang dapat digunakan untuk menyimpan file dan data. Module Ethernet Shield bisa digunakan dengan board Arduino Uno dan Mega. Dan dapat bekerja dengan baik pada kedua Arduino tersebut. Untuk menggunakan akses microSD card reader onboard ini dapat dengan menggunakan library SD card. Saat menggunakan library ini, SS ditempatkan pada Pin 4. Module Ethernet juga terdapat pula reset controller, untuk memastikan bahwa module W5100 Ethernet dapat reset on power-up.<sup>[6]</sup>

Agar board Arduino dapat berkomunikasi baik dengan module W5100 dan SD card menggunakan SPI bus melalui ICSP header, yang ada pada board Arduino Uno di pin digital 10, 11, 12, dan 13, sedangkan pada board Arduino Mega pada pin digital 50, 51, dan 52. Di kedua board Arduino tersebut, pin digital 10 digunakan untuk memilih mode W5100 dan pin digital 4 untuk SD card, dimana pin tersebut tidak dapat digunakan untuk pin I/O biasa. Dalam board Arduino Mega, pin digital 53 (SS) tidak digunakan sama sekali, baik untuk memilih antara module W5100 atau SD card, namun harus tetap ditetapkan sebagai output agar interface SPI dapat bekerja dengan baik.<sup>[6]</sup>





**Gambar 2.28** Ethernet Shield

(Sumber : google.com diakses pada tanggal 3 April 2019)

Agar board Arduino dapat berkomunikasi baik dengan module W5100 dan SD card menggunakan SPI bus melalui ICSP header, yang ada pada board Arduino Uno di pin digital 10, 11, 12, dan 13, sedangkan pada board Arduino Mega pada pin digital 50, 51, dan 52. Di kedua board Arduino tersebut, pin digital 10 digunakan untuk memilih mode W5100 dan pin digital 4 untuk SD card, dimana pin tersebut tidak dapat digunakan untuk pin I/O biasa. Dalam board Arduino Mega, pin digital 53 (SS) tidak digunakan sama sekali, baik untuk memilih antara module W5100 atau SD card, namun harus tetap ditetapkan sebagai output agar interface SPI dapat bekerja.<sup>[6]</sup>

#### **2.2.14 Data Logger**

*Data logger* merupakan sebuah perangkat elektronik untuk mencatat data dari waktu ke waktu yang terintegrasi dengan sensor serta instrumen. Secara singkat data logger diartikan sebagai alat untuk mencatat data atau data *logging*. *Data logger* berbasis *desktop/PC* ialah *data logger* yang dapat dikoneksikan melalui komputer yang digunakan untuk mengumpulkan data melalui sensor dalam

menganalisis serta menampilkan hasil. Sistem pada *data logger* juga memiliki banyak kelebihan seperti fitur perhitungan proses pemantauan alam. *Data logger* kini dilengkapi dengan SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) yang merupakan evolusi lebih lanjut dari sistem *data logger* berbasis komputer, dimana hasil dari perekaman ditampilkan dalam bentuk grafis. <sup>[9]</sup>

Dalam proyek ini penulis menggunakan *data logger* yang direkan oleh aplikasi VTScada secara *real time* yang dapat diatur waktu perekaman datanya secara otomatis setiap 24 jam. Saat diaktifkan *data logger* digunakan untuk mengukur dan merekam informasi selama periode pemantauan. *Data logger* dalam alat ini menampilkan arus, tegangan kecepatan motor induksi yang hasil pengukuran dapat tersimpan di *Microsoft Excel*. <sup>[9]</sup>