

SKRIPSI

**SISTEM *MONITORING* PERUBAHAN *POWER FACTOR* TERHADAP  
BEBAN MOTOR**

Disusun dan diajukan oleh :

**MUHAMMAD SYAFIQ UMAR**

**D411 16 303**



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

HALAMAN JUDUL

SKRIPSI

**SISTEM *MONITORING* PERUBAHAN *POWER FACTOR* TERHADAP  
BEBAN MOTOR**

Disusun dan diajukan oleh :

**MUHAMMAD SYAFIQ UMAR**

**D411 16 303**



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**SISTEM MONITORING PERUBAHAN POWER FACTOR TERHADAP  
BEBAN MOTOR**

Disusun dan diajukan oleh:

**MUHAMMAD SYAFIQ UMAR**

**D411 16 303**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada Tanggal 16 Agustus 2022 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Dr. Indar Chaerah Gunadin, S.T., M.T.  
NIP. 19731118 199803 2 001



Dr. Ir. Hj. Zaenab Muslimin, M.T.  
NIP. 19660201 199202 2 002

Ketua Departemen Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T.  
NIP. 19691026 199412 2 001

## LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

### SISTEM *MONITORING* PERUBAHAN *POWER FACTOR* TERHADAP BEBAN MOTOR

Oleh:

**MUHAMMAD SYAFIQ UMAR**

**D411 16 303**

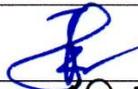
Skripsi ini telah dipertahankan pada Ujian Akhir Sarjana pada tanggal 16 Agustus 2022

Telah dilakukan perbaikan penulisan dan isi skripsi berdasarkan usulan dari  
penguji dan pembimbing skripsi.

Persetujuan perbaikan oleh dosen penguji:

	Nama	Tanda Tangan
Ketua	Dr. Indar Chaerah Gunadin, S.T., M.T.	
Sekretaris	Dr. Ir. Hj. Zaenab Muslimin, M.T.	
Anggota	Prof. Dr. Ir. H. Ansar Suyuti, MT., IPU.	
	Dr. Ir. Hj. Sri Mawar Said, M.T.	

Persetujuan perbaikan oleh dosen pembimbing:

Pembimbing	Nama	Tanda Tangan
1	Dr. Indar Chaerah Gunadin, S.T., M.T.	
2	Dr. Ir. Hj. Zaenab Muslimin, M.T.	

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Syafiq Umar

NIM : D411 16 303

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### **SISTEM *MONITORING* PERUBAHAN *POWER FACTOR* TERHADAP BEBAN MOTOR**

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini adalah hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi ata perbuatan tersebut.

Makassar, 19 Agustus 2022

Yang menyatakan tanda tangan



Muhammad Syafiq Umar

## ABSTRAK

**MUHAMMAD SYAFIQ UMAR.** *Sistem Monitoring Perubahan Power Factor Terhadap Beban Motor* (dibimbing oleh Indar Chaerah G. dan Zaenab Muslimin)

*Power Factor* (faktor daya) merupakan salah satu faktor untuk meningkatkan efisiensi energi listrik. Jika *Power Factor* rendah ( $pf < 0.9$ ) maka tentunya akan meningkatkan rugi daya, rugi tegangan, biaya dan menurunkan efisiensi sistem serta daya yang tersedia tidak dapat digunakan secara optimal. Untuk beban rumah tangga, kebutuhan daya reaktif masih kecil dan dianggap normal, sedangkan pada beban industri yang menggunakan banyak beban yang bersifat induktif seperti motor listrik. Kebutuhan daya reaktif untuk beban industri sangat besar karena kebanyakan bebannya adalah motor-motor listrik, sehingga menyebabkan *power factor* sistem menjadi rendah. Presentase penggunaan daya di industri sebesar 40-50% adalah untuk kebutuhan motor-motor induksi. Maka dari itu, untuk mengetahui nilai *Power Factor* pada sistem tenaga listrik atau pada peralatan listrik rumah tangga, kita perlu memantau segala sesuatunya dengan menciptakan alat untuk menunjang sistem *monitoring*. Perancangan sistem *monitoring* dengan menggunakan ESP8266 dan data hasil sistem *monitoring* ditampilkan pada aplikasi *smartphone* melalui *website* Antares secara daring (dalam jaringan).

Kata kunci : *Power factor, beban motor, sistem monitoring.*

## **ABSTRACT**

**MUHAMMAD SYAFIQ UMAR.** *Monitoring System of Power Factor Change for Motor Load* (dibimbing oleh Indar Chaerah G. dan Zaenab Muslimin)

Power Factor is one of the factors to increase the efficiency of electrical energy. If the Power Factor is low ( $pf < 0.9$ ) then of course it will increase power losses, voltage losses, costs and reduce system efficiency and the available power cannot be used optimally. For household loads, the need for reactive power is still small and is considered normal, while for industrial loads that use a lot of inductive loads such as electric motors. Reactive power requirements for industrial loads are very large because most of the loads are electric motors, causing the system power factor to be low. The percentage of power usage in industry of 40-50% is for the needs of induction motors. Therefore, to find out the value of the Power Factor in the electric power system or in household electrical equipment, we need to monitor everything by creating tools to support the monitoring system. The monitoring system design uses ESP8266 and the monitoring system results data is displayed on a smartphone application through the Antares website online (on a network).

Keywords: Power factor, motor load, monitoring system.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya, kesehatan serta petunjuk serta kesabaran sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Sistem *Monitoring* Perubahan *Power Factor* Terhadap Beban Motor”. Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam isi tugas akhir ini sehingga semua kritik dan saran akan sangat bermanfaat untuk penulis agar dapat lebih baik lagi dikemudian hari.

Pembuatan laporan ini berdasarkan perubahan *Power Factor* sangat mempengaruhi suatu sistem tenaga listrik. Tujuan penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai salah satu syarat kelulusan pada Pendidikan Strata Satu (S1) Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini penulis banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan, dukungan, dan doanya. Penulis mengucapkan terima kasih antara lain kepada:

1. Kedua Orang tua penulis yang tak pernah lelah memberikan dukungan, bantuan, dan doa.
2. Bapak Dr. Indar Chaerah Gunadin, S.T., M.T. selaku pembimbing I dan Ibu Dr. Ir. Hj. Zaenab Muslimin, M.T. selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, dukungan, dan motivasinya dalam penyusunan tugas akhir ini.

3. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Ansar Sayuti S.T., M.T., IPU, ASEAN.Eng, selaku Penguji I dan Ibu Dr. Ir. Hj. Sri Mawar Said, M.T. selaku Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak/Ibu dosen dan staff Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak memberikan ilmu yang tidak terbatas selama kuliah dan membantu untuk kelancaran proses penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh teman-teman EXCITER'16 (Elektro 2016) yang selalu berbagi kebahagiaan, waktu, dan kesedihan selama berproses menjadi mahasiswa terkhusus Ketua Angkatan Saudara Cahya Rezky Prihatmoko.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis, dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Makassar, 31 Maret 2021

Muhammad Syafiq Umar

## DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Tenaga Listrik	5
2.1.1 Pusat Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant</i> )	6
2.1.2 Transmisi Tenaga Listrik	6
2.1.3 Sistem Distribusi	6

2.2	Daya Listrik	7
2.2.1	Daya Aktif	7
2.2.2	Daya Reaktif	8
2.2.3	Daya Semu	8
2.2.4	<i>Power Factor</i> dan Segitiga Daya	9
2.3	Monitoring	11
2.4	Motor Listrik	11
2.4.1	Motor Induksi	13
2.4.2	Motor Servo	16
2.4.3	Motor <i>Brushless</i> DC	17
2.5	Sensor PZEM-004T	19
2.6	ESP8266 (WEMOS)	21
2.7	Software Arduino IDE (Integrated Development Environment)	22
2.8	Website ANTARES	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		24
3.1	Lokasi dan Waktu Penelitian	24
3.2	Tahapan Penelitian	24
3.3	Alat dan Bahan Penelitian	26
3.4	Perancangan Sistem	27
3.4.1	Perancangan Perangkat Keras ( <i>Hardware</i> )	29
3.4.2	Perancangan Perangkat Lunak ( <i>Software</i> )	29
3.5	Pengujian Kinerja Sistem	30

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1    Gambaran Secara Umum	32
4.2    Hasil Pengujian	32
4.3    Data Hasil Sistem <i>Monitoring</i>	35
4.3.1    Perhitungan Secara Teori	36
4.3.2 <i>Three-Phase Power</i> Meter melalui SCADA	50
4.3.3    Aplikasi <i>Smartphone</i> melalui <i>Website</i> Antares	52
4.4    Analisa Perbandingan	53
4.4.1    Perhitungan Secara Teori dan Aplikasi <i>Smartphone</i> melalui <i>Website</i> Antares	53
4.4.2 <i>Three-Phase Power</i> Meter melalui SCADA dan Aplikasi <i>Smartphone</i> melalui <i>Website</i> Antares	55
BAB V PENUTUP	57
5.1    Kesimpulan	57
5.2    Saran	57
DAFTAR PUSTAKA	59

## DAFTAR GAMBAR

	halaman
<b>Gambar 2. 1</b> Sistem Tenaga Listrik	5
<b>Gambar 2. 2</b> Segitiga Daya	10
<b>Gambar 2. 3</b> Prinsip Dasar Kerja Motor Listrik	13
<b>Gambar 2. 4</b> Motor Induksi	15
<b>Gambar 2. 5</b> Perbandingan Grafik Torsi dan Kecepatan Motor Induksi.	16
<b>Gambar 2. 6</b> Bentuk Fisik Servo Motor	17
<b>Gambar 2. 7</b> <i>Software</i> Arduino IDE ( <i>Integrated Development Environment</i> )	22
<b>Gambar 3. 1</b> Diagram Alir	25
<b>Gambar 3. 2</b> Blok Diagram Sistem	28
<b>Gambar 3. 3</b> Skematik <i>Hardware</i>	29
<b>Gambar 3. 4</b> Program Arduino IDE	30
<b>Gambar 3. 5</b> Tampilan <i>website</i> Antares	30
<b>Gambar 4. 1</b> Hasil Pengujian <i>Hardware</i> yang ditampilkan <i>Three-Phase Power</i> Meter melalui SCADA	33
<b>Gambar 4. 2</b> Hasil Pengujian <i>Software</i> yang ditampilkan Aplikasi pada <i>smartphone</i> melalui <i>website</i> Antares	34

## DAFTAR TABEL

	halaman
<b>Tabel 2. 1</b> Hubungan Segitiga Daya	10
<b>Tabel 3. 1</b> Alat dan bahan penelitian	27
<b>Tabel 4. 1</b> Nilai Beban <i>Resistive</i>	35
<b>Tabel 4. 2</b> Nilai Beban <i>Inductive</i>	36
<b>Tabel 4. 3</b> Data Hasil Perhitungan Secara Teori (manual)	50
<b>Tabel 4. 4</b> Data Hasil Sistem <i>Monitoring</i> pada <i>Three-Phase Power Meter</i> melalui SCADA	51
<b>Tabel 4. 5</b> Data Hasil Sistem <i>Monitoring</i> pada Aplikasi <i>Smartphone</i> melalui <i>Website Antares</i>	52
<b>Tabel 4. 6</b> Perbandingan Data <i>Power Factor</i> antara Teori dan Aplikasi	54
<b>Tabel 4. 7</b> Perbandingan Data <i>Power Factor</i> antara SCADA dan Aplikasi	55

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di dalam kehidupan modern saat ini pemakaian energi listrik sangat besar, besarnya energi atau beban listrik yang terpakai ditentukan oleh reaktansi (R), induktansi (L) dan kapasitansi (C). Besarnya pemakaian energi listrik ini disebabkan karena banyak dan beraneka ragam peralatan (beban) listrik yang digunakan. Sedangkan beban listrik yang digunakan umumnya bersifat resistif dan induktif, sedangkan beban kapasitif mengeluarkan daya reaktif. Daya reaktif ini merupakan daya tidak berguna sehingga tidak dapat diubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk proses transmisi dan juga beban kapasitif merupakan sumber daya reaktif. Jadi yang menyebabkan pemborosan energi listrik adalah banyaknya peralatan yang bersifat induktif. Berarti dalam penggunaannya energi listrik pelanggan tidak hanya dibebani oleh daya aktif (kW) saja tetapi juga daya reaktif (kVar). Penjumlahan kedua daya itu akan menghasilkan daya semu (kVA) yang merupakan daya yang disupply oleh PLN.

Usaha untuk meningkatkan efisiensi energi listrik diantaranya dengan meningkatkan *Power Factor* listrik (*Power Factor* = pf). Jika *Power Factor* rendah (pf<0.9) maka tentunya akan meningkatkan rugi daya, rugi tegangan, biaya dan menurunkan efisiensi sistem serta daya yang tersedia tidak dapat digunakan secara optimal. Untuk mengatasi masalah tersebut, yaitu dengan cara meningkatkan *Power Factor* yang dilakukan menggunakan peralatan listrik yang memiliki *Power Factor* listrik yang relatif tinggi atau memperbaiki *Power Factor*

listrik. Pada situasi jaringan tenaga listrik yang sudah memiliki *Power Factor* listrik rendah agar menjadi relatif tinggi, maka perlu dilakukan perbaikan *power factor*.

Seperti kita ketahui bahwa nilai  $\cos \phi$  adalah mulai dari 0 s/d 1. Berarti kondisi terbaik yaitu pada saat harga P (kW) maksimum [ $P \text{ (kW)} = S \text{ (kVA)}$ ] atau harga  $\cos \phi = 1$  dan ini disebut juga  $\cos \phi$  yang terbaik, namun dalam kenyataan harga  $\cos \phi$  yang ditentukan oleh PLN sebagai pihak yang mensuplay daya adalah sebesar 0,8. Hal inilah yang seharusnya disadari oleh semua orang, bahwa daya semu dapat ditekan penggunaannya, dengan memperbaiki *power factor*, memperkecil nilai daya reaktif sehingga diharapkan daya aktif sama besarnya dengan daya semu yang digunakan atau dapat dikatakan mengupayakan *Power Factor* mendekati angka 1. Untuk beban rumah tangga, kebutuhan daya reaktif masih kecil dan dianggap normal, sedangkan pada beban industri yang menggunakan banyak beban yang bersifat induktif seperti motor listrik. Kebutuhan daya reaktif untuk beban industri sangat besar karena kebanyakan bebannya adalah motor-motor listrik, sehingga menyebabkan *power factor* sistem menjadi rendah. Presentase penggunaan daya di industri sebesar 40-50% adalah untuk kebutuhan motor-motor induksi. *Power factor* dapat digunakan sebagai sebuah indikator fungsi proteksi under load pada motor induksi, misalnya pada motor pompa. Maka dari itu, untuk mengetahui nilai *Power Factor* pada sistem tenaga listrik atau pada peralatan listrik rumah tangga, kita perlu memantau segala sesuatunya dengan menciptakan alat untuk menunjang sistem *monitoring*.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan maka penulis mengangkat judul tugas akhir yaitu: “SISTEM *MONITORING* PERUBAHAN *POWER FACTOR* TERHADAP BEBAN MOTOR”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang menjadi kajian dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang sistem *monitoring* perubahan *power factor* terhadap beban motor menggunakan mikrokontroler Esp8266 (WeMos)?
2. Bagaimana menampilkan data *real time* dari hasil sistem *monitoring* perubahan *power factor* terhadap beban motor pada Aplikasi *Smartphone* melalui *Website* Antares ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perancangan sistem *monitoring* perubahan *power factor* terhadap beban motor menggunakan mikrokontroler Esp8266 (WeMos).
2. Menampilkan data *real time* dari hasil sistem *monitoring* perubahan *power factor* terhadap beban motor pada Aplikasi *Smartphone* melalui *Website* Antares.

## **1.4 Batasan Masalah**

Untuk mendapatkan hasil pembahasan yang terarah, maka penulis perlu membatasi masalah yang akan dibahas. Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian ini hanya dilakukan di Laboratorium Relay dan Pengukuran Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
2. Penelitian ini hanya untuk mengetahui atau memantau perubahan *power factor* terhadap beban motor menggunakan sensor PZEM-004T-100A, tidak untuk memperbaiki *power factor*.
3. Motor yang digunakan pada penelitian ini adalah *Brushless Servomotor*
4. Penelitian ini hanya menampilkan data *real time* dari hasil sistem *monitoring* pada aplikasi *smartphone* melalui *website* Antares dengan menggunakan modul Esp8266 (WeMos D1 R1).
5. Data hasil sistem *monitoring* hanya dapat ditampilkan pada aplikasi *smartphone* melalui *website* Antares secara daring (dalam jaringan).

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

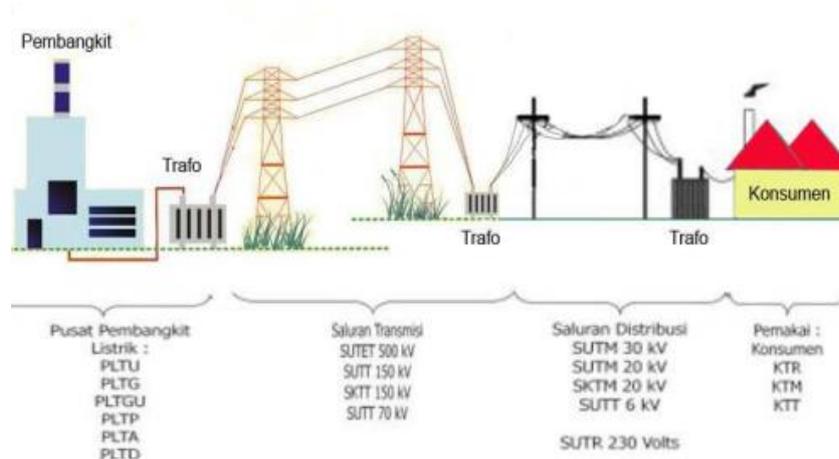
2. Secara akademis, diharapkan penelitian ini dapat bermanfaat sebagai penambahan referensi yang berkaitan dengan *monitoring power factor*.
3. Secara praktis, penelitian ini dapat memantau *Power Factor* yang kemudian data hasil sistem *monitoring* ini ditampilkan pada aplikasi *smartphone* melalui *website* Antares sehingga dapat melakukan *monitoring* kapanpun dan dimanapun secara daring (dalam jaringan).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Secara umum sistem tenaga listrik terdiri atas komponen tenaga listrik yaitu pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi dan sistem distribusi. Ketiga bagian ini merupakan bagian utama pada suatu rangkaian sistem tenaga listrik yang bekerja untuk menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkit ke pusat-pusat beban. Rangkaian sistem tenaga listrik dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah berikut [1] :



**Gambar 2. 1** Sistem Tenaga Listrik

Energi listrik yang dihasilkan di pusat pembangkit listrik akan disalurkan melalui saluran transmisi kemudian melalui saluran distribusi akan sampai ke konsumen. Berikut ini penjelasan mengenai bagian utama pada sistem tenaga listrik pada umumnya, yaitu :

### **2.1.1 Pusat Pembangkit Listrik (*Power Plant*)**

Pusat pembangkit listrik merupakan tempat energi listrik pertama kali dibangkitkan, dimana terdapat turbin sebagai penggerak awal (*Prime Mover*) dan generator yang membangkitkan listrik dengan mengubah tenaga turbin menjadi energi listrik. Biasanya dipusat pembangkit listrik juga terdapat gardu induk.

Peralatan utama pada gardu induk antara lain : transformer, yang berfungsi untuk menaikkan tegangan generator (11,5kV) menjadi tegangan transmisi atau tegangan tinggi (150kV) dan juga peralatan pengaman dan pengatur. Secara umum, jenis pusat pembangkit dibagi kedalam dua bagian besar yaitu pembangkit hidro yaitu PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) dan pembangkit thermal diantaranya yaitu PLTU (Pusat Listrik Tenaga Uap), PLTG (Pusat Listrik Tenaga Gas), PLTN (Pusat Listrik Tenaga Nuklir), dan PLTGU (Pusat Listrik Tenaga Gas Uap).

### **2.1.2 Transmisi Tenaga Listrik**

Transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkitan listrik hingga saluran distribusi listrik sehingga nantinya dapat tersalurkan pada pengguna listrik.

### **2.1.3 Sistem Distribusi**

Sistem distribusi ini adalah sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pengguna listrik dan pada umumnya berfungsi dalam hal penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat. Sub sistem ini terdiri dari : pusat pengatur atau gardu induk, gardu hubung, saluran tegangan menengah atau jaringan primer (6 kV dan 20 kV) yang berupa saluran udara atau kabel bawah

tanah, saluran tegangan rendah atau jaringan sekunder (380 V dan 220 V), gardu distribusi tegangan yang terdiri dari panel-panel pengatur tegangan baik tegangan menengah ataupun tegangan rendah, dan trafo [1].

## 2.2 Daya Listrik

Daya memiliki arti sebagai energi per satuan waktu. Daya merupakan jumlah energi listrik yang digunakan untuk melakukan usaha di dalam sistem tenaga listrik. Satuan untuk daya listrik umumnya adalah Watt. Daya pada suatu sistem tegangan bolak-bali (AC) dikenal dengan tiga macam yaitu daya aktif (nyata) dengan simbol (P) satuannya adalah Watt (W), daya reaktif dengan simbol (Q) satuannya adalah *volt ampere reactive* (Var) dan daya semu dengan simbol (S) satuannya adalah *volt ampere* (VA).

### 2.2.1 Daya Aktif

Daya aktif adalah daya rata-rata yang sesuai dengan kekuatan sebenarnya ditransmisikan atau dikonsumsi oleh. Beberapa contoh dari daya aktif adalah energi panas, energi mekanik, cahaya dan daya aktif memiliki satuan berupa watt (W). Berikut ini merupakan persamaan daya aktif [2]:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \text{ (1 phasa)} \quad (\text{II.1})$$

$$P = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \varphi \text{ (3 phasa)} \quad (\text{II.2})$$

Dimana :

P = Daya aktif (watt)

$\cos \varphi$  = Faktor daya

V = Tegangan ( volt)

$V_L$  = Tegangan saluran (volt)

I = Arus (ampere)

$I_L$  = Arus saluran (ampere)

### 2.2.2 Daya Reaktif

Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Contoh daya yang menimbulkan daya reaktif adalah transformator, motor, lampu pijar dan lain – lain. Daya reaktif memiliki satuan berupa *volt ampere reactive* (VAR). Berikut ini merupakan persamaan daya reaktif menurut [2]:

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \phi \text{ (1 phasa)} \quad (\text{II.3})$$

$$Q = 3 \cdot V_L \cdot I_L \cdot \sin \phi \text{ (3 phasa)} \quad (\text{II.4})$$

Dimana :

Q = Daya Reaktif (VAR)

$V_L$  = Tegangan saluran (Volt)

V = Tegangan (Volt)

$I_L$  = Arus saluran (ampere)

I = Arus (Ampere)

### 2.2.3 Daya Semu

Daya Semu adalah daya yang dihasilkan oleh perkalian antara tegangan dan arus dalam suatu jaringan atau daya yang merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan daya reaktif. Daya semu ialah daya yang dikeluarkan sumber alternation current (AC) atau diserap oleh beban. Satuan dari daya semu yaitu volt ampere (VA). Berikut persamaan dari daya semu [2] :

$$S = V \cdot I \quad (\text{II.5})$$

Dimana :

S = Daya Semu (VA)

V = Tegangan (Volt)

$I =$  Arus (Ampere)

#### 2.2.4 *Power Factor dan Segitiga Daya*

Menurut sejarahnya, penggunaan konsep daya semu (apparent power) dan faktor daya (power factor) diperkenalkan oleh kalangan industri penyedia daya listrik, yang bisnisnya memindahkan energi listrik dari satu titik ke titik lain. Efisiensi proses pemindahan daya listrik ini terkait langsung dengan biaya energi listrik yang pada gilirannya menjelma menjadi biaya yang harus dibayarkan oleh konsumen. Hal yang mempengaruhi perpindahan energi listrik tersebut adalah faktor daya [2].

Untuk mencapai efisiensi pemindahan energi 100 %, maka rangkaian harus memiliki nilai faktor daya sebesar 1. Namun hal ini sulit dicapai karena adanya rugi – rugi yang ditimbulkan oleh penghantar listrik dan juga beban listrik, terutama beban induktif. Perbandingan antara daya nyata (watt) terhadap perkalian arus dan tegangan (voltampere) disebut faktor daya (pf). Secara matematis faktor daya (pf) adalah sebagai berikut [2]

$$pf = \frac{P \text{ (watt)}}{S \text{ (voltampere)}} \quad (\text{II.6})$$

Pada rangkaian induktif, arus tertinggal dari tegangan, oleh sebab itu rangkaian ini memiliki faktor daya tertinggal atau lagging. Sedangkan pada rangkaian kapasitif, arus mendahului tegangan, oleh sebab itu rangkaian ini memiliki faktor daya mendahului atau leading. Dengan menerapkan dalil phitagoras dan dalil-dalil trigonometri hubungan antara daya semu (s), daya nyata(p), daya reaktif (q) dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Daya Semu } S = \sqrt{(\text{daya nyata } P)^2 + (\text{daya reaktif } Q)^2} \quad (\text{II.7})$$

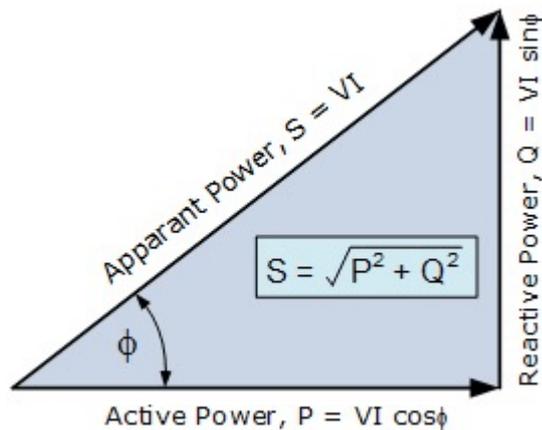
Selain itu, daya nyata dirumuskan sebagai berikut

$$P = V I \cos \varphi (W) \quad (II.8)$$

Persamaan ini pada umumnya disebut daya listrik, jika kita uraikan menjadi

$$\cos \varphi = \frac{P}{VI} = \frac{\text{daya nyata}}{\text{daya semu}} \quad (II.9)$$

Dari sini selain daya semu  $V I$  (VA) yang diserap oleh beban pada kenyataan terdapat juga faktor, faktor ini disebut faktor daya ( $\cos \varphi$ ). Hubungan vektoris antara daya nyata (watt) dan daya voltampere diperlihatkan dalam segitiga daya pada Gambar 2. 2



**Gambar 2. 2** Segitiga Daya

Hubungan daya pada gambar segitiga daya dapat dijelaskan dengan persamaan seperti pada Tabel 2.1.

**Tabel 2. 1** Hubungan Segitiga Daya

No.	Nama Daya	Rumus	Satuan
1	Daya aktif (P)	$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi$	Watt
2	Daya reaktif (Q)	$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi$	VAr
3	Daya semu (S)	$S = V \cdot I$	VA

Segitiga daya dalam Gambar 2. 1 diperoleh dari segitiga impedansi yaitu dengan mengalikan masing-masing sisinya dengan arus kuadrat. Proyeksi horizontal dari daya voltampere (VA) adalah daya nyata (watt), sedangkan proyeksi vertikalnya adalah daya voltampere reaktif (VAR) Peralatan-peralatan suplai listrik seperti alternator dan transformator, rating dayanya tidak dinyatakan dalam satuan kilowatt karena beban-beban yang dilayaninya memiliki faktor daya bermacam-macam [2].

### **2.3 Monitoring**

*Monitoring* adalah proses pengumpulan dan analisis informasi berdasarkan indikator yang ditetapkan secara sistematis dan kontinu tentang kegiatan program sehingga dapat dilakukan tindakan koreksi untuk penyempurnaan program kegiatan itu selanjutnya. Pemantauan yang dapat dijelaskan sebagai kesadaran (awareness) tentang apa yang ingin diketahui, pemantauan berkadar tingkat tinggi dilakukan agar dapat membuat pengukuran melalui waktu yang menunjukkan pergerakan ke arah tujuan atau menjauh dari itu [3].

### **2.4 Motor Listrik**

Motor listrik termasuk kedalam kategori mesin listrik dinamis dan merupakan sebuah perangkat elektromagnetik yang mengubah energi listrik menjadi energimekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll di industri dan digunakan juga pada peralatan listrik rumah tangga (seperti: mixer, bor listrik,kipas angin). Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri, sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar

70% beban listrik total di industri. Mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor listrik secara umum sama (Gambar 2.3), yaitu:

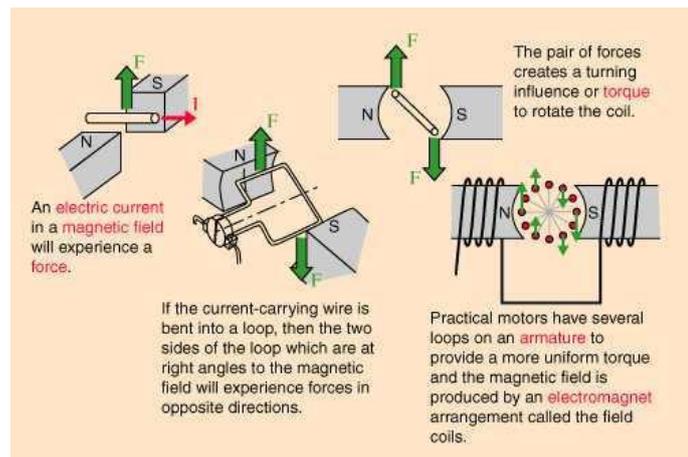
- Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya.
- Jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/loop, maka kedua sisi loop, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan.
- Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/ torsi untuk memutar kumparan.
- Motor-motor memiliki beberapa loop pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

Dalam memahami sebuah motor listrik, penting untuk mengerti apa yang dimaksud dengan beban motor. Beban mengacu kepada keluaran tenaga putar/torsi sesuai dengan kecepatan yang diperlukan. Beban umumnya dapat dikategorikan kedalam tiga kelompok :

- Beban torsi konstan, adalah beban dimana permintaan keluaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasinya, namun torsi nya tidak bervariasi. Contoh beban dengan torsi konstan adalah conveyors, rotary kilns, dan pompa displacement konstan.
- Beban dengan torsi variabel, adalah beban dengan torsi yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contoh beban dengan torsi variabel adalah pompa sentrifugal dan fan (torsi bervariasi sebagai  $k \times \text{kecepatan}^2$ ).

- Beban dengan energi konstan, adalah beban dengan permintaan torsi yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contoh untuk beban dengan daya konstan adalah peralatan-peralatan mesin [4].

Seperti Gambar 2.3 menunjukkan cara kerja dari sebuah motor listrik sesuai dengan keterangan diatas :



Gambar 2. 3 Prinsip Dasar Kerja Motor Listrik

### 2.4.1 Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. Popularitasnya karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC. Komponen Motor induksi memiliki dua komponen listrik utama.

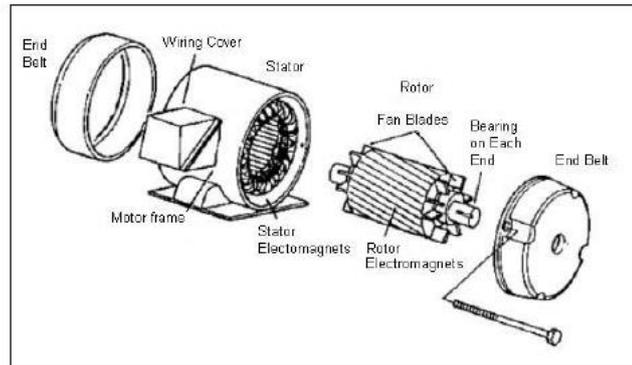
- Rotor. Motor induksi menggunakan dua jenis rotor:
- Rotor kandang tupai terdiri dari batang penghantar tebal yang dilekatkan dalam petak-petak slots paralel. Batang-batang tersebut diberi hubungan pendek pada kedua ujungnya dengan alat cincin hubungan pendek.
- Lingkaran rotor yang memiliki gulungan tiga fase, lapisan ganda dan terdistribusi. Dibuat melingkar sebanyak kutub stator. Tiga fase digulungi

kawat pada bagian dalamnya dan ujung yang lainnya dihubungkan ke cincin kecil yang dipasang pada batang as dengan sikat yang menempel padanya.

- Stator. Stator dibuat dari sejumlah stampings dengan slots untuk membawa gulungan tiga fase. Gulungan ini dilingkarkan untuk sejumlah kutub yang tertentu. Gulungan diberi spasi geometri sebesar 120 derajat [4].

Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama

- Motor induksi satu fase. Motor ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fase, memiliki sebuah rotor kandang tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti kipas angin, mesin cuci dan pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 Hp.
- Motor induksi tiga fase. Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fase yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat memiliki kandang tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor kandang tupai); dan penyalaan sendiri. Diperkirakan bahwa sekitar 70% motor di industri menggunakan jenis ini, sebagai contoh, pompa, kompresor, belt conveyor, jaringan listrik, dan grinder. Tersedia dalam ukuran 1/3 hingga ratusan Hp. Gambar 2.4 dibawah ini menunjukkan Motor Induksi tiga fasa



**Gambar 2. 4** Motor Induksi

Kecepatan motor induksi Motor induksi bekerja sebagai berikut, Listrik dipasok ke stator yang akan menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini bergerak dengan kecepatan sinkron disekitar rotor. Arus rotor menghasilkan medan magnet kedua, yang berusaha untuk melawan medan magnet stator, yang menyebabkan rotor berputar. Walaupun begitu, didalam prakteknya motor tidak pernah bekerja pada kecepatan sinkron namun pada “kecepatan dasar” yang lebih rendah. Terjadinya perbedaan antara dua kecepatan tersebut disebabkan adanya “slip/geseran” yang meningkat dengan meningkatnya beban. Slip hanya terjadi pada motor induksi. Untuk menghindari slip dapat dipasang sebuah cincin geser/ *slip ring*, dan motor tersebut dinamakan “motor cincin geser/*slip ring* motor” [5].

Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung persentase slip/geseran.

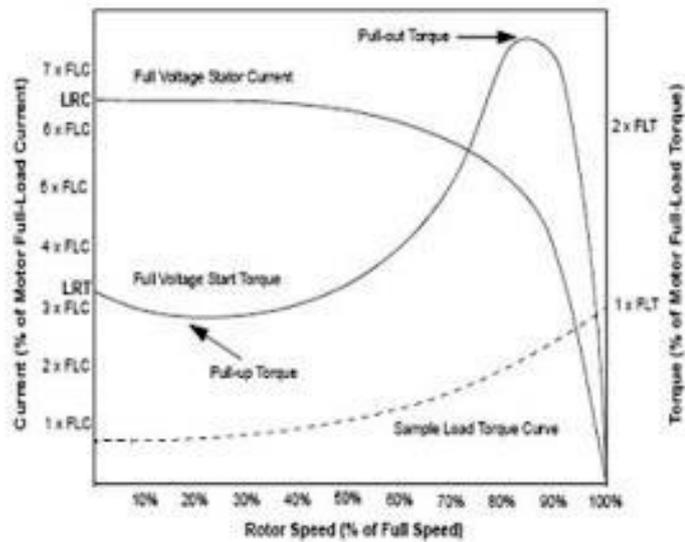
$$\% \text{ Slip} = (N_s - N_b)/N_s \times 100 \quad (\text{II.6})$$

Dimana:

$N_s$  = kecepatan sinkron dalam RPM

$N_b$  = kecepatan dasar dalam RPM

Hubungan antara beban, kecepatan dan torsi



**Gambar 2. 5** Perbandingan Grafik Torsi dan Kecepatan Motor Induksi.

Gambar 2.5 menunjukkan grafik torsi vs kecepatan motor induksi AC tiga fase dengan arus yang sudah ditetapkan. Bila motor :

- Mulai menyala ternyata terdapat arus nyala awal yang tinggi dan torsi yang rendah (“*pull-up torque*”).
- Mencapai 80% kecepatan penuh, torsi berada pada tingkat tertinggi (“*pull-out torque*”) dan arus mulai turun.
- Pada kecepatan penuh, atau kecepatan sinkron, arus torsi dan stator turun ke nol [4].

#### 2.4.2 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC yang dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem closed feedback yang terintegrasi dalam motor tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu (axis) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan

rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (duty cycle) sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya. Pada Gambar 2.6 bentuk fisik dari motor servo.



**Gambar 2. 6** Bentuk Fisik Servo Motor

Motor servo disusun dari sebuah motor DC, gearbox, variabel resistor (VR) atau potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas maksimum putaran sumbu (axis) motor servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang pada pin control motor servo [3].

### **2.4.3 Motor *Brushless* DC**

BLDC motor atau dapat disebut juga dengan BLAC motor merupakan motor listrik synchronous AC 3 fasa. Perbedaan pemberian nama ini terjadi karena BLDC memiliki BEMF berbentuk trapezoid sedangkan BLAC memiliki BEMF berbentuk sinusoidal. Walaupun demikian keduanya memiliki struktur yang sama dan dapat dapat dikendalikan dengan metode six-step maupun metode PWM sinusoidal. Secara umum motor BLDC terdiri dari dua bagian, yakni, rotor, bagian yang bergerak, yang terbuat dari permanen magnet dan stator, bagian yang tidak bergerak, yang terbuat dari kumparan 3 fasa. Walaupun merupakan motor listrik synchronous AC 3 fasa, motor ini tetap disebut dengan BLDC karena pada

implementasinya BLDC menggunakan sumber DC sebagai sumber energi utama yang kemudian diubah menjadi tegangan AC dengan menggunakan inverter 3 fasa. Tujuan dari pemberian tegangan AC 3 fasa pada stator BLDC adalah menciptakan medan magnet putar stator untuk menarik magnet rotor.

Oleh karena tidak adanya brush pada motor BLDC, untuk menentukan timing

komutasi yang tepat pada motor ini sehingga didapatkan torsi dan kecepatan yang konstan, diperlukan 3 buah sensor Hall dan atau encoder. Pada sensor Hall, timing komutasi ditentukan dengan cara mendeteksi medan magnet rotor dengan menggunakan 3 buah sensor hall untuk mendapatkan 6 kombinasi timing yang berbeda, sedangkan pada encoder, timing komutasi ditentukan dengan cara menghitung jumlah pola yang ada pada encoder.

Pada umumnya encoder lebih banyak digunakan pada motor BLDC komersial karena encoder cenderung mampu menentukan timing komutasi lebih presisi dibandingkan dengan menggunakan sensor hall. Hal ini terjadi karena pada encoder, kode komutasi telah ditetapkan secara fixed berdasarkan banyak pole dari motor dan kode inilah yang digunakan untuk menentukan timing komutasi. Namun karena kode komutasi encoder ditetapkan secara fixed berdasarkan banyak pole motor, suatu encoder untuk suatu motor tidak dapat digunakan untuk motor dengan jumlah pole yang berbeda. Hal ini berbeda dengan sensor hall. Apabila terjadi perubahan pole rotor pada motor, posisi sensor hall dapat diubah dengan mudah. Hanya saja kelemahan dari sensor hall adalah apabila posisi sensor hall

tidak tepat akan terjadi kesalahan dalam penentuan timing komutasi atau bahkan tidak didapatkan 6 kombinasi timing komutasi yang berbeda [6].

## 2.5 Sensor PZEM-004T

PZEM-004T adalah hardware yang berfungsi untuk mengukur parameter dari tegangan, arus, daya aktif, dan konsumsi daya (wh). Modul ini juga melayani semua persyaratan dasar pengukuran PZEM-004T ini sebagai papan terpisah. Dimensi fisik papan PZEM-004T adalah  $3,1 \times 7,4$  cm. Modul PZEM-004T dibundel dengan kumparan transformator arus berdiameter 33mm. Pengkabelan dari modul ini memiliki 2 bagian, yaitu pengkabelan terminal masukan tegangan dan arus, serta pengkabelan komunikasi serial.

Modul ini terutama digunakan untuk mengukur tegangan AC, arus, daya aktif, frekuensi, faktor daya dan energi aktif, modul tanpa fungsi tampilan, data dibaca melalui interface TTL. Interface TTL dari modul ini adalah interface pasif, membutuhkan catu daya eksternal 5V yang berarti berkomunikasi, keempat port harus terhubung (5V, RX, TX, GND) jika tidak ia tidak dapat berkomunikasi.

Deskripsi fungsi PZEM-004T yaitu:

1. Tegangan
  - a. Rentang pengukuran :80~260V
  - b. Resolusi: 0.1V
  - c. Ketepatan ukur: 0.5%
2. Arus
  - a. Rentang pengukuran: 0~10A (PZEM-004T-10A); 0~100A (PZEM-004T-100A).

- b. Mulai mengukur arus: 0.01A (PZEM-004T-10A); 0.02A (PZEM-004T 100A).
  - c. Resolusi: 0.001A.
  - d. Ketepatan ukur: 0.5%.
3. Daya
- a. Rentang pengukuran: 0~2.3kW (PZEM-004T-10A); 0~23kW (PZEM-004T-100A).
  - b. Mulai mengukur daya: 0.4W.
  - c. Resolusi: 0.1W.
4. Faktor daya
- a. Rentang pengukuran: 0.00~1.00.
  - b. Resolusi: 0.01.
  - c. Ketepatan ukur: 1%.
5. Frekuensi
- a. Rentang pengukuran :45Hz~65Hz.
  - b. Resolusi: 0.1Hz.
  - c. Ketepatan ukur: 0.5%.
6. Energi
- a. Rentang pengukuran: 0~9999.99kWh.
  - b. Resolusi: 1Wh.
  - c. Ketepatan ukur: 0.5%.
  - d. Reset energi: gunakan perangkat lunak untuk mereset [11]

## 2.6 ESP8266 (WEMOS)

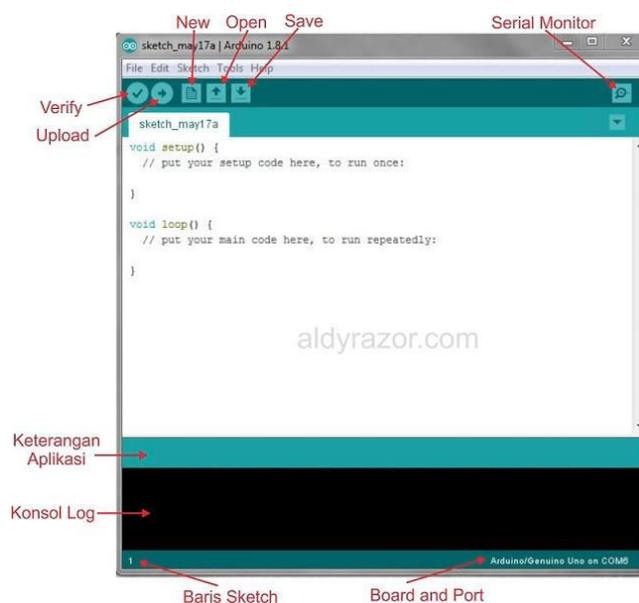
Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor lengkap dengan piranti elektronik berupa Integrated Circuit (IC) yang memiliki kemampuan manipulasi data (informasi) berdasarkan suatu urutan instruksi (program) yang di buat oleh programmer dimana di dalamnya sudah terdapat Electrically Erasable Programmable Read Only Memory (EEPROM), Central Processing Unit (CPU), Random Acces Memory (RAM), I/O, Timer dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung. Mikrokontroler pada dasarnya adalah komputer dalam satu chip, yang di dalamnya terdapat mikroprosesor, jalur Input/Output (I/O), memori dan perangkat pelengkap lainnya. Pada PC kecepatan mikroprosesor yang digunakan saat ini telah mencapai orde GHz, sedangkan kecepatan operasi mikrokontroler pada umumnya berkisar antara 1 – 16 MHz. Oleh karena itu kecepatan pengolahan data pada mikrokontroler lebih rendah jika dibandingkan dengan PC. Begitu juga kapasitas RAM dan ROM pada PC yang bisa mencapai orde Gbyte, dibandingkan dengan mikrokontroler yang hanya berkisar pada orde byte/Kbyte. Penggunaan mikrokontroler sudah banyak ditemui dalam berbagai peralatan elektronik, seperti telepon digital, microwave oven, dan lain-lain. Mikrokontroller juga dapat digunakan dalam dunia industri seperti: sistem kendali, otomasi dan lain-lain.

Secara langsung menggantikan Arduino dan ditambah lagi dengan kemampuannya untuk mensupport koneksi wifi secara langsung. Ada beberapa jenis ESP8266 yang dapat ditemui dipasaran, namun yang paling mudah didapatkan di Indonesia adalah type ESP-01,07 dan 12 dengan fungsi yang sama perbedaannya

terletak pada GPIO pin yang disediakan. Tegangan kerja ESP-8266 adalah sebesar 3.3V, sehingga untuk penggunaan mikrokontroler tambahannya dapat menggunakan board yang memiliki fasilitas tegangan sumber 3.3V, akan tetapi akan lebih baik jika membuat secara terpisah level shifter untuk komunikasi dan sumber tegangan untuk wifi module ini.

## 2.7 Software Arduino IDE (Integrated Development Environment)

Arduino memakai *Software processing* untuk diaplikasikan dalam menulis program kedalam *Arduino processing* ini sendiri merupakan penggabungan antara bahasa C++ dan bahasa Java. *Software Arduino* dapat di install di berbagai operating sistem (OS) 9 Linux, Mac OS dan Windows. *Software arduino* yang biasa digunakan adalah software IDE yang tampilannya dapat dilihat pada Gambar 2.7



**Gambar 2.7** Software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*)

IDE Arduino adalah software yang sangat canggih dan dapat di program menggunakan Java. IDE Arduino terdiri dari :

1. Editor program adalah jendela yang memungkinkan pengguna untuk menulis dan mengedit program dalam Bahasa *Processing*.
2. *Compiler* adalah fitur untuk mengubah kode program menjadi kode biner. Compiler perlu dilakukan dalam hal ini. Karena sebuah mikrokontroler tidak bisa memahami Bahasa *Processing*
3. *Uploader* adalah fitur untuk memuat kode biner dari komputer yang diteruskan ke memori pada *board Arduino* [10]

## **2.8 Website ANTARES**

ANTARES merupakan sebuah Horizontal IoT Platform, yang berarti kami mencoba untuk menjadikan layanan kami se-umum mungkin agar solusi vertikal IoT anda dapat menyesuaikan dengan arsitektur yang umumnya digunakan. Banyak kasus-kasus IoT yang dapat dipecahkan dengan menggunakan Antares ini, contohnya adalah smart home, smart metering, asset tracking, smart building, dan lain-lain. Dokumentasi ini akan menunjukkan anda cara untuk mengirim data sensor ke ANTARES. Ada 4 tahapan yang dapat ditempuh untuk mencapai hal tersebut:

1. Registrasi akun.
2. Buat app.
3. Tambahkan device.
4. Pengiriman data ke Antares [7]