



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Kendali

Sistem kendali adalah proses pengaturan atau pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel, parameter) sehingga berada pada suatu harga atau *range* tertentu (Pakpahan, 1988). Secara umum sistem adalah suatu susunan, set, atau sekumpulan sesuatu yang terhubung atau terkait sedemikian rupa sehingga membentuk sesuatu secara keseluruhan. Sedangkan kata kontrol atau kendali biasanya diartikan mengatur, mengarahkan, atau perintah. Dari kedua makna kata sistem dan kontrol/kendali, sistem kendali dapat diartikan sebagai suatu susunan komponen fisik yang terhubung atau terkait sedemikian rupa sehingga dapat memerintah, mengarahkan, atau mengatur diri sendiri atau sistem lain.¹⁷

Sistem kendali terdiri dari sub-sistem dan proses (*plants*) yang disusun untuk mendapatkan keluaran (*output*) dan kinerja yang diinginkan dari *input* yang diberikan. Secara umum, sistem kendali dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

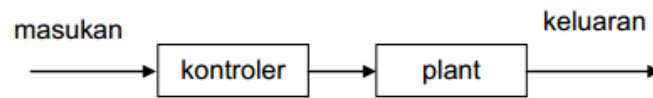
1. Sistem Kendali Manual dan Otomatik
2. Sistem Lingkar Terbuka (*Open Loop*) dan Lingkar Tertutup (*Closed Loop*)
3. Sistem Kendali Kontinu dan Diskrit
4. Menurut sumber penggerak: Elektrik, Mekanik, Pneumatik, dan Hidraulik.¹⁷

2.1.1 Sistem Kendali *Loop* Terbuka

Sistem kontrol *loop* terbuka adalah suatu sistem kontrol yang keluarannya tidak berpengaruh terhadap aksi pengontrolan. Dengan demikian pada sistem kontrol ini, nilai keluaran tidak diumpan-balikkan ke parameter pengendalian.⁹

¹⁷ Agus Rismawan, "Konsep Sistem Kendali, Sistem Kendali Terbuka & Tertutup dan Contoh Aplikasinya", diakses dari <https://serbatelekomunikasi.wordpress.com/2015/02/12/8/>, pada tanggal 3 April 2021 pukul 14.10.

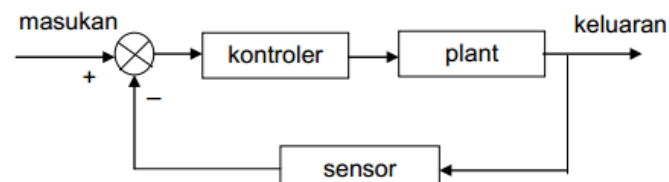
⁹ Galuh Rezky Junianto, Skripsi: "Sistem Kontrol Kelistrikan Rumah Menggunakan Bahasa natural pada Smartphone Android UNO" (Makassar: UIN Alauddin, 2016), hal 13.

Gambar 2.1 Sistem Pengendali *Loop* Terbuka

Gambar diagram blok diatas menggambarkan bahwa didalam sistem tersebut tidak ada proses umpan balik untuk memperbaiki keadaan alat terkendali jika terjadi kesalahan. Jadi tugas dari elemen pengendali hanyalah memproses sinyal masukan kemudian mengirimkannya ke alat terkendali.⁹

2.1.2 Sistem Kontrol *Loop* Tertutup

Sistem kontrol *loop* tertutup adalah Suatu sistem kontrol yang sinyal keluarannya memiliki pengaruh langsung terhadap aksi pengendalian yang dilakukan. Yang menjadi ciri dari sistem pengendali tertutup adalah adanya sinyal umpan balik. Sinyal umpan balik merupakan sinyal keluaran atau suatu fungsi keluaran dan turunannya, yang diumpankan ke elemen kendali untuk memperkecil kesalahan dan membuat keluaran sistem mendekati hasil yang diinginkan (Ogata, 1995).⁹

Gambar 2.2 Sistem Pengendali *Loop* Tertutup.

Gambar diatas menyatakan hubungan antara masukan dan keluaran dari suatu *loop* sistem tertutup. Sinyal *input* yang sudah dibandingkan dengan sinyal umpan balik menghasilkan sinyal selisih atau sinyal kesalahan yang akan dikirimkan ke dalam elemen pengendali sehingga kemudian menghasilkan sebuah sinyal keluaran yang akan dikirim ke alat terkendali. Sinyal *input* berupa masukan referensi yang akan menentukan suatu nilai yang diharapkan bagi sistem yang

⁹ *Ibid.*,14.



dikendalikan tersebut. Dalam berbagai sistem pengendalian, sinyal *input* dihasilkan oleh mikrokontroler (Erinofiardi, 2012).⁹

2.2 Arduino Uno

2.2.1 Pengertian Arduino Uno

Arduino adalah platform pembuatan prototipe elektronik yang bersifat open-source hardware yang berdasarkan pada perangkat keras dan perangkat lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Menurut Sulaiman (2012:1), Arduino merupakan platform yang terdiri dari software dan hardware. Hardware Arduino sama dengan mikrocontroller pada umumnya hanya pada arduino ditambahkan penamaan pin agar mudah diingat. Software Arduino merupakan software open source sehingga dapat di download secara gratis. Software ini digunakan untuk membuat dan memasukkan program ke dalam Arduino.²

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis IC ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 pin *input / output* digital (atau biasa ditulis I/O dimana 6 pin diantaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 pin *input* analog, menggunakan *crystal* 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik, *header* ICSP dan tombol *reset*.¹⁸ Hal tersebut adalah semua yang diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler.

2.2.2 Spesifikasi Arduino Uno

Setiap *board* pada Arduino memiliki spesifikasi bervariasi tergantung dari IC (*Integrated Circuit*), pin dan komponen yang terdapat pada *board*. Berikut spesifikasi Arduino Uno :

⁹ *Ibid.*

² Jauhari Arifin, "Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560". Jurnal Media Infotama Vol 12 No.1, 2016, hal 90.

¹⁸ Sejati, "Mengenal Komunikasi I2C(Inter Integrated Circuit)", diakses dari <https://purnomosejati.wordpress.com/>, pada tanggal 30 Maret 2021 pukul 09.00.



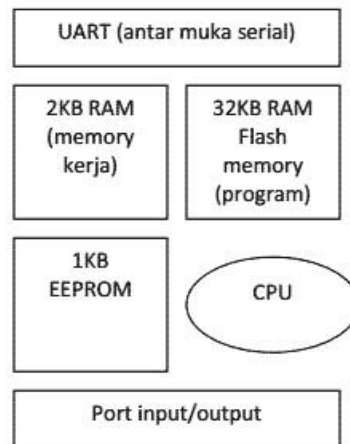
Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Uno

<i>Microcontroller</i>	Atmega 328P
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (of which 6 provide PWM output)
<i>PWM Digital I/O Pins</i>	6
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O Pin</i>	20 Ma
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 Ma
<i>Flash Memory</i>	32 KB (Atmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	2 KB (Atmega328P)
<i>EEPROM</i>	1 KB (Atmega328P)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>LED_BUILTIN</i>	13
<i>Length</i>	68.6 mm
<i>Width</i>	53.4 mm

2.2.3 Bagian dan Fungsi Board Arduino Uno

Berbagai seri Arduino menggunakan tipe mikrokontroler ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega328.¹⁰ Untuk memberikan gambaran sedikit lebih detail mengenai apa saja yang terdapat didalam sebuah *microcontroller*, maka pada Gambar 2.2 berikut ini akan diperlihatkan contoh diagram blok sederhana dari *microcontroller* ATmega328 (dipakai pada Arduino Uno) dan sedikit penjelasan fungsi bagian tersebut.

¹⁰ Funky King, “Bagian dan Fungsi Pada Board Arduino”, diakses dari <https://funkynotes.blogspot.com/2018/04/bagian-dan-fungsi-pada-board-arduino.html>, pada tanggal 30 Maret 2021 pukul 10.15.



Gambar 2.3 Diagram Blok Atmega328

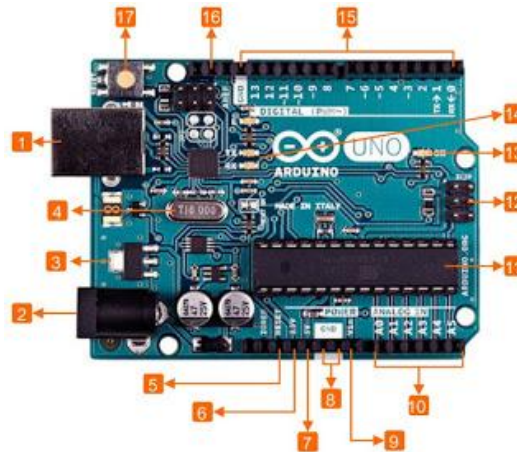
Bagian-bagian dari diagram blok diatas dapat dijelaskan secara sederhana sebagai berikut:

- 1) *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* (UART) adalah antar muka yang digunakan untuk komunikasi serial seperti pada RS-232, RS-422 dan RS-485.
- 2) 2KB RAM yang terdapat pada *memory* kerja bersifat *volatile* (hilang saat daya dimatikan), digunakan oleh variabel-variabel didalam program.
- 3) 32KB RAM *flash memory* bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan program yang dimuat dari komputer. Selain program, flash memory juga menyimpan *bootloader*. *Bootloader* adalah program inisiasi yang ukurannya kecil, dijalankan oleh *CPU* saat daya dihidupkan.
- 4) 1KB EEPROM bersifat *non-volatile*, digunakan untuk menyimpan data yang tidak boleh hilang saat daya dimatikan.
- 5) *Central Processing Unit (CPU)*, bagian dari *microcontroller* untuk menjalankan setiap instruksi dari program.
- 6) *Port input/output*, pin-pin untuk menerima data (*input*) digital atau analog, dan mengeluarkan data (*output*) digital atau analog.¹⁰

¹⁰ *Ibid.*,



Adapun bagian-bagian dari papan Arduino tipe USB dengan seri Uno ini secara garis besar dapat dijelaskan secara umum dan sederhana yaitu sebagai berikut:



Gambar 2.4 Bagian-Bagian *Board* Arduino Uno

Berdasarkan pada Gambar 2.4, akan diurutkan bagian-bagian dari *board* Arduino beserta fungsi-fungsinya yaitu sebagai berikut:

1) USB Soket/Power USB

USB Soket/Power USB digunakan untuk memberikan catu daya ke Papan Arduino menggunakan kabel USB dari komputer. Selain menjadi port catu daya, USB juga memiliki berfungsi untuk memuat program dari komputer ke dalam board Arduino dan komunikasi serial antara papan Arduino dan komputer begitu juga sebaliknya.

2) *Power (Barrel Jack)*

Papan Arduino dapat juga diberikan colokan catu daya secara langsung dari sumber daya AC dengan menghubungkannya ke *Barrel Jack* yang tersedia. Tegangan maksimal yang dapat diberikan kepada Arduino maksimal 12volt dengan *range* arus maksimal 2A (Agar regulator tidak panas).

3) *Voltage Regulator*

Fungsi dari *voltage* regulator adalah untuk mengendalikan atau menurunkan tegangan yang diberikan ke papan Arduino dan menstabilkan tegangan DC yang digunakan oleh prosesor dan elemen-elemen lain.



4) *Crystal Oscillator*

Kristal (*quartz crystal oscillator*), jika mikrokontroler dianggap sebagai sebuah otak, maka kristal adalah jantungnya karena komponen ini menghasilkan detak-detak yang dikirim kepada mikrokontroler agar melakukan sebuah operasi untuk setiap detak-nya. Kristal ini dipilih yang berdetak 16 juta kali per detik (16MHz).

5) *5, 17 Arduino Reset*

Kita dapat mereset papan arduino, misalnya memulai program dari awal. Terdapat dua cara untuk mereset Arduino Uno. Pertama, dengan menggunakan *reset button* (17) pada papan arduino. Kedua, dengan menambahkan *reset* eksternal ke pin Arduino yang berlabel *RESET* (5).

6) *3.3V – Supply 3.3 output volt*

7) *5V – Supply 5 output volt*

Sebagian besar komponen yang digunakan papan Arduino bekerja dengan baik pada tegangan 3.3 volt dan 5 volt.

8) *GND (Ground)*

Ada beberapa pin GND pada Arduino, salah satunya dapat digunakan untuk menghubungkan *ground* rangkaian.

9) *Vin*

Vin ini juga dapat digunakan untuk memberi daya ke papan Arduino dari sumber daya eksternal, seperti sumber daya AC.

10) *Analog pins*

Papan Arduino Uno memiliki enam pin *input* analog A0 sampai A5. Pin-pin ini dapat membaca tegangan dan sinyal yang dihasilkan oleh sensor analog seperti sensor kelembaban atau temperatur dan mengubahnya menjadi nilai digital yang dapat dibaca oleh mikroprosesor. Program dapat membaca nilai sebuah pin input antara 0 – 1023, dimana hal itu mewakili nilai tegangan 0 – 5V.

11) *Main microcontroller*

Setiap papan Arduino memiliki Mikrokontroler dimana mikrokontroler ini dianggap sebagai otak dari papan Arduino. *IC (integrated circuit)* utama pada



Arduino sedikit berbeda antara papan arduino yang satu dengan yang lainnya. Mikrokontroler yang sering digunakan adalah ATMEL.

12) ICSP pin

Kebanyakan, ICSP adalah AVR, suatu *programming header* kecil untuk Arduino yang berisi MOSI, MISO, SCK, RESET, VCC, dan GND. Hal ini sering dirujuk sebagai SPI (*Serial Peripheral Interface*), yang dapat dipertimbangkan sebagai “expansion” dari *output*. In-Circuit Serial Programming (ICSP) Port ICSP memungkinkan pengguna untuk memprogram microcontroller secara langsung, tanpa melalui *bootloader*.

13) Power LED indicator

LED ini harus menyala jika menghubungkan Arduino ke sumber daya. Jika LED tidak menyala, maka terdapat sesuatu yang salah dengan sambungannya.

14) TX dan RX LEDs

Pada papan Arduino, kita akan menemukan label: TX (*transmit*) dan RX (*receive*). Pertama, di pin digital 0 dan 1, Untuk menunjukkan pin yang bertanggung jawab untuk komunikasi serial. Kedua, TX dan RX *led* (13). TX led akan berkedip dengan kecepatan yang berbeda saat mengirim data serial. RX berkedip selama menerima proses.

15) Digital I/O

Papan Arduino Uno memiliki 14 pin I/O digital, 6 pin *output* menyediakan PWM (*Pulse Width Modulation*). Pin-pin ini dapat dikonfigurasi sebagai pin digital *input* untuk membaca nilai logika (0 atau 1) atau sebagai pin digital *output* untuk mengendalikan modul-modul seperti LED, *relay*, dan lain-lain. Pin yang berlabel “~” dapat digunakan untuk membangkitkan PWM.

16) AREF

AREF merupakan singkatan dari Analog *Reference*. AREF kadang-kadang digunakan untuk mengatur tegangan referensi eksternal (antar 0 dan 5 Volt) sebagai batas atas untuk pin *input* analog *input*.¹⁰

¹⁰ *Ibid.*,



2.3 Modul *Bluetooth* HC-05

Menurut Sofana (2008 : 354), *Bluetooth* adalah salah satu alternatif teknologi *wireless* yang dibuat untuk peralatan *mobile* (*mobile device*). *Bluetooth* berbeda dengan *wifi* (keluarga 802.11) standar yang digunakan oleh *Bluetooth* mengacu pada spesifikasi IEEE 802.15. *Bluetooth* menggunakan frekuensi 2,4 GHz dengan kecepatan transfer data kurang dari 1 *Mbps* (sekitar 800 *Kbps*).¹¹ Modul ini bisa digunakan sebagai *slave* (penerima) maupun sebagai master (pengirim). Disamping itu HC-05 juga mempunyai 2 mode konfigurasi yang pertama adalah AT-Mode, dan yang kedua adalah *Communication Mode*.

1. AT-Mode, merupakan mode untuk konfigurasi pengaturan modul HC-05. Disini kita bisa mengatur berbagai pengaturan, contohnya mengganti *password* dan nama *bluetooth*.
2. *Communication Mode*, merupakan mode pada saat kita akan berkomunikasi dengan perangkat lain atau dapat dikatakan sebagai mode *running*.²¹

Untuk lebih memahami, berikut adalah spesifikasi dari modul HC-05:

Tabel 2.2 *Bluetooth* HC-05

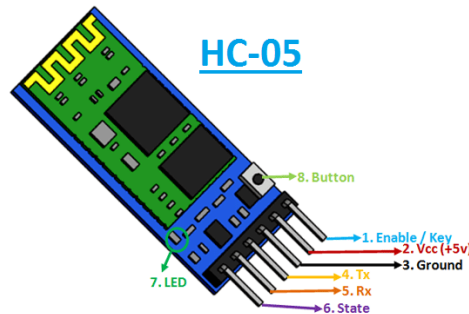
Tegangan kerja	3,3 – 6 Volt DC (direkomendasikan 5V)
Konsumsi arus kerja	50 Ma
Sensitivitas	-84dBm (0.1% BER)
Daya emisi	4 dBm
Suhu operasional <i>range</i>	-20°C s/d +75°C
Dimensi modul	15.2×35.7×5.6 mm
<i>Interface</i>	Mikrokontroler, <i>smartphone/PC laptop</i>
Baud rate <i>default</i>	9600
<i>Password</i>	1234
Kecepatan	1Mbps (mode sinkron) 2.1 Mbps / 160 kbps (mode asinkron)

¹¹ Tri Kusnandri, “Rancang Bangun System Kontrol Alat-Alat Listrik Menggunakan *Bluetooth* Berbasis Mikrokontroler Atmega 328”. (Medan: Universitas Sumatera Utara, 2018), hal 9.

²¹ M. Syehfudin, “Membahas *Bluetooth* HC-05 Arduino dan Programnya”, diakses dari <https://digitalapik.blogspot.com/2020/03/membahas-bluetooth-hc-05-arduino-dan.html>, pada tanggal 30 Maret 2021 pukul 10.20.



Bluetooth HC-05 memiliki 6 buah pin atau kaki dan 2 *interface*, bisa dilihat gambar dibawah ini :



Gambar 2.5 Modul *Bluetooth* HC-05

Keterangan :

1. *Enable/Key*, pin ini digunakan pada saat ingin berpindah ke AT-mode dengan cara menghubungkan ke 5V.
2. *VCC/5V*, pin ini tentunya digunakan sebagai *power/input* tegangan positif (+) untuk menyalakan *bluetooth* HC-05 dan caranya dihubungkan ke 5V.
3. *GND/ground*, digunakan sebagai *input* tegangan negatif (-) caranya dihubungkan ke GND.
4. *TX*, pin ini digunakan sebagai transmitter/pengirim, dihubungkan dengan *RX device* lain.
5. *RX*, pin ini digunakan sebagai *receiver/penerima*, dihubungkan dengan *TX device* lain.
6. *State*, pin ini digunakan untuk mengetahui apakah *module* sudah berfungsi dengan benar dan akan ditandai dengan *LED* yang ada di module.
7. *LED*, *led* ini digunakan sebagai indikator, berkedip cepat artinya belum terhubung/*pairing* dengan perangkat lain, berkedip lambat artinya sudah terhubung dengan perangkat lain
8. *Button*, tombol ini alternatif kedua jika tidak ingin menggunakan pin *enable* untuk berpindah ke AT-mode, caranya dengan menekan tombol sebelum dihubungkan ke perangkat.²¹

²¹ *Ibid.*,



2.4 Modul RTC DS3231

Modul RTC (*Real Time Clock*) adalah sebuah jam elektronik berupa *chip* yang dapat menghitung waktu maupun tanggal dan tahun dengan akurat. RTC dapat digunakan sebagai *timer* untuk pengendalian lampu menyala (*on*) atau padam (*off*).¹⁴ Selain berfungsi sebagai RTC (*Real Time Clock*) atau pewaktuan digital Modul RTC DS3231 juga berfungsi sebagai pengukur suhu. *Interface* atau antarmuka untuk mengakses modul ini yaitu menggunakan *i2c* atau *two wire* (SDA dan SCL). Sehingga apabila diakses menggunakan mikrokontroler misal Arduino Uno pin yang dibutuhkan 2 pin saja dan 2 pin *power*.⁵

Modul RTC DS3231 pada umumnya sudah tersedia dengan *battery* CR2032 3V yang berfungsi sebagai *back up* RTC apabila catudaya utama mati. *Range VCC input* dapat disupply menggunakan tegangan antara 2.3V sampai 5.5V dan memiliki cadangan baterai. Pada DS3231 juga memiliki kristal terintegrasi (sehingga tidak diperlukan kristal eksternal), sensor suhu, 2 alarm waktu terprogram, pin *output* 32.768 kHz untuk memastikan akurasi yang lebih tinggi. Selain itu, terdapat juga EEPROM AT24C32 yang bisa memberi 32K EEPROM untuk menyimpan data.



Gambar 2.6 Modul RTC DS3231

¹⁴ nn-digital.com, “Contoh Program Module RTC DS3231 + AT24C32 Dengan Arduino, diakses dari <https://www.nn-digital.com/blog/2019/08/11/contoh-program-module-rtc-ds3231-at24c32-dengan-arduino/>, pada tanggal 30 Maret 2021 pukul 10.25.

⁵ Agus Faudin, “Tutorial Arduino Mengakses Module RTC DS3231”, diakses pada <https://www.nyebartilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-module-rtc-ds3231/> pada tanggal 30 Maret 2021 pukul 11.30



2.4.1 Konfigurasi Pin Modul RTC DS3231

Seperti yang terlihat pada gambar 2.5 diatas, pada modul RTC DS3231 terdapat 6 pin yaitu dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Konfigurasi Pin Modul RTC DS3231

Pin	Keterangan
VCC	Sumber Tegangan Positif
GND	Ground
SDA	Serial Data pin (I2C Interface)
SCL	Serial Clock pin (I2C Interface)
32K	32K oscillator output

2.4.2 Fitur Modul RTC DS3231

- RTC menghitung detik, menit, jam dan tahun
- Akurasi: + 2ppm hingga -2ppm untuk 0°C hingga + 40°C, + 3.5ppm hingga -3.5ppm untuk -40°C hingga + 85°C
- Sensor suhu digital dengan akurasi $\pm 3^{\circ}\text{C}$
- Dua alarm Waktu of hari
- *Output* gelombang persegi yang dapat diprogram
- Daftarkan untuk penuaan trim
- Antarmuka I2C 400Khz
- Konsumsi daya rendah
- Sirkuit sakelar baterai mati otomatis
- Cadangan baterai CR2032 dengan masa pakai dua hingga tiga tahun
- Ukuran portabel.¹⁴

2.4.3 Spesifikasi RTC DS3231

- Tegangan Operasi : 2.3V – 5.5V
- Dapat beroperasi pada tegangan rendah
- Konsumsi arus pada *battery backup* : 500mA
- Tegangan Max pada SDA , SCL : VCC + 0.3V
- *Operating temperature*: -45°C to +80°C¹⁴

¹⁴ Ibid.,



2.5 LCD 16x2

LCD (Liquid Cristal Display) adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. Di pasaran tampilan *LCD* sudah tersedia dalam bentuk modul yaitu tampilan *LCD* beserta rangkaian pendukungnya termasuk *ROM* dan sebagainya. *LCD* mempunyai pin data, kontrol catu daya, dan pengatur kontras tampilan.²⁰

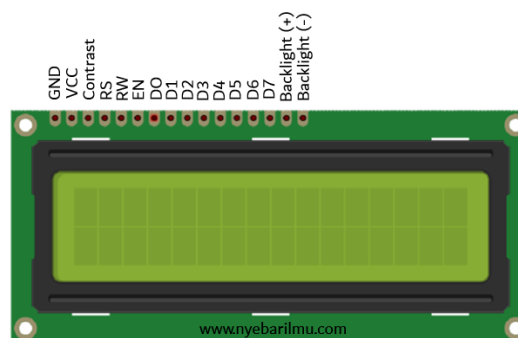
LCD 16x2 mempergunakan kristal cair sebagai bahan untuk penampil data yang berupa tulisan maupun gambar. Pengaplikasian pada kehidupan sehari – hari yang mudah dijumpai antara lain pada kalkulator, game bot, televisi, atau pun layar komputer.⁶

2.5.1 Spesifikasi dari *LCD 16x2*

Adapun fitur-fitur yang tersedia antara lain:

- Terdiri dari 16 kolom dan 2 baris
- Dilengkapi dengan *back light*
- Mempunyai 192 karakter tersimpan
- Dapat dialamati dengan mode 4-bit dan 8-bit
- Terdapat karakter generator terprogram.⁶

2.5.2 Pin – Pin *LCD 16x2*



Gambar 2.7 *LCD (Liquid Cristal Display) 16x2*

²⁰ Olivia M. Sinaulan, dkk “Perancangan Alat Ukur Kecepatan Kendaraan Menggunakan *ATMega 16*”. Jurnal Teknik Elektro dan Komputer. Vol 11 No.2, 2015, hal 63.

⁶ Agus Faudin, “Tutorial Arduino Cara Mengakses Modul Display *LCD 16x2*”, diakses dari <https://www.nyebarilmu.com/cara-mengakses-modul-display-lcd-16x2/>, pada tanggal 30 April 2021 pukul 11.05.



Keterangan :

- 1) **GND** : catu daya 0Vdc
- 2) **VCC** : catu daya positif
- 3) **Contrast** : untuk kontras tulisan pada *LCD*
- 4) **RS** atau **Register Select** :
 - *High* : untuk mengirim data
 - *Low* : untuk mengirim instruksi
- 5) **R/W** atau **Read/Write**
 - *High* : mengirim data
 - *Low* : mengirim instruksi

Disambungkan dengan *LOW* untuk pengiriman data ke layar
- 6) **E (enable)** : untuk mengontrol ke *LCD* ketika bernilai *LOW*, *LCD* tidak dapat diakses
- 7) **D0 – D7** = Data Bus 0 – 7
- 8) **Back light +** : disambungkan ke VCC untuk menyalakan lampu latar
- 9) **Back light –** : disambungkan ke GND untuk menyalakan lampu latar.⁶

2.6 I2C Module

I2C merupakan standar komunikasi serial dua arah yang menggunakan dua saluran yang dapat mengirim maupun menerima data. System I2C terdiri dari saluran SCL (*Serial Clock*) dan SDA (*Serial Data*) yang membawa informasi data antara I2C dan pengontrolnya. Piranti yang dihubungkan dengan system I2C bus dapat dioperasikan sebagai piranti *slave*. Master adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal start, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal stop, dan membangkitkan sinyal *clock*. *Slave* adalah piranti yang dialamati oleh master.¹⁹ Untuk gambar *Module I2C* dapat dilihat pada gambar 2.8

⁶ *Ibid.*,

¹⁹ Sejati, "Mengenal Komunikasi I2C(Inter Integrated Circuit)", diakses dari <https://purnomosejati.wordpress.com/> pada 30 Maret 2021 pukul 11.00



Gambar 2.8 I2C Module

Spesifikasi I2C dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.4 Spesifikasi I2C

No	Nama	Spesifikasi
1	Tegangan Kerja	VCC, GND, A0, D0
		Mendukung Protokol I2C, coding lebih singkat
		Dilengkapi Trimpot pengatur lampu dan kontras layar
		Hanya 4 pin pengendalian (SDA,SCL,VCC dan GND)
2	Device Adress	0x27 atau 0x3F
		Dapat digunakan untuk LCD 16x2 maupun 20x4
3	Ukuran	41.5x 19 x 15.3 mm

2.7 Modul Relay

Relay adalah saklar elektronik yang dapat membuka atau menutup rangkaian dengan menggunakan kontrol dari rangkaian elektronik lain. Sebuah *relay* tersusun atas kumparan, pegas, saklar yang terhubung pada pegas dan dua kontak elektronik NC dan NO.

- NC (*Normally Close*) adalah saklar yang terhubung dengan kontak saat kondisi relay tidak aktif.
- NO (*Normally Open*) adalah saklar yang terhubung dengan kontak saat kondisi relay aktif.¹⁵

Pada dasarnya, fungsi modul *relay* adalah sebagai saklar elektrik. Dimana ia akan bekerja secara otomatis berdasarkan perintah logika yang diberikan. Kebanyakan, *relay* 5 volt DC digunakan untuk membuat *project* yang salah satu

¹⁵ Eka Yogi Prananda, "Rancang Bangun Sistem Kendali Lampu Menggunakan Sensor Suara Berbasis Arduino Dengan Aplikasi Pemantauan Pada Smartphone Android", Jurnal Coding Sistem Komputer Untan. Vol 05 No.2, 2017, hal. 25-35.



komponennya butuh tegangan tinggi atau yang sifatnya AC (*Alternating Current*). Sedangkan kegunaan *relay* secara lebih spesifik adalah sebagai berikut:

- Menjalankan fungsi logika dari mikrokontroler Arduino
- Sarana untuk mengendalikan tegangan tinggi hanya dengan menggunakan tegangan rendah
- Meminimalkan terjadinya penurunan tegangan Memungkinkan penggunaan fungsi penundaan waktu atau fungsi *time delay function*
- Melindungi komponen lainnya dari kelebihan tegangan penyebab korsleting.
- Menyederhanakan rangkaian agar lebih ringkas.¹⁶

2.7.1 Skema Relay Arduino



Gambar 2.9 Skema Modul *Relay* Arduino

Berdasarkan gambar skematik relay di atas, berikut ini adalah keterangan dari ketiga pin:

- COM (*Common*), adalah pin yang wajib dihubungkan pada salah satu dari dua ujung kabel yang hendak digunakan.
- NO (*Normally Open*), adalah pin tempat menghubungkan kabel yang satunya lagi bila menginginkan kondisi posisi awal yang terbuka atau arus listrik terputus.
- NC (*Normally Close*), adalah pin tempat menghubungkan kabel yang satunya lagi bila menginginkan kondisi posisi awal yang tertutup.¹⁶

¹⁶ Aldy Razor, “Modul Relay Arduino: Pengertian, Gambar, Skema, dan Lainnya”, diakses dari <https://www.aldyrazor.com/2020/05/modul-relay-arduino.html#:~:text=Relay%20module%20adalah%20suatu%20komponen,relay%20dengan%20jumlah%20channel%20terte%20bntu>, pada tanggal 30 Maret 2021 pukul 11.10



2.7.2 Jenis-Jenis *Relay*

Jenis-jenis *relay* dan fungsinya digolongkan menjadi dua, yaitu:

1. Jenis *relay* berdasarkan trigger atau pemicunya
 - *Low Level Trigger*, adalah *relay* yang akan berfungsi (menyala) jika diberikan kondisi *LOW*.
 - *High Level Trigger*, adalah *relay* yang akan berfungsi (menyala) jika diberikan kondisi *HIGH*.
2. Jenis *relay* berdasarkan jumlah *channel*-nya
 - Modul *relay* 1 *channel*
 - Modul *relay* 2 *channel*
 - Modul *relay* 4 *channel*
 - Modul *relay* 16 *channel*
 - Modul *relay* 32 *channel*.¹⁶

2.8 Aplikasi

Menurut Hasan Abdurahman dan Asep Ririh Riswaya (2014), aplikasi adalah program siap pakai yang dapat digunakan untuk menjalankan perintah-perintah dari pengguna aplikasi tersebut dengan tujuan mendapatkan hasil yang lebih akurat sesuai dengan tujuan pembuatan aplikasi tersebut, aplikasi mempunyai arti yaitu pemecahan masalah yang menggunakan salah satu teknik pemrosesan data aplikasi yang biasanya berpacu pada sebuah komputasi yang diinginkan atau diharapkan maupun pemrosesan data yang diharapkan. Pengertian aplikasi secara umum adalah alat terapan yang difungsikan secara khusus dan terpadu sesuai kemampuan yang dimilikinya, aplikasi merupakan suatu perangkat komputer yang siap pakai bagi *user*.²²

¹⁶ *Ibid.*,

²² Adi Widarma, “Perancangan Aplikasi Gaji Karyawan Pada PT. PP London Sumatera Indonesia Tbk”, *Jurnal Teknologi Informasi*. Vol 1 No 2, 2017, hal 167.



2.9 Android

2.9.1 Pengertian Android

Android adalah sebuah sistem operasi untuk perangkat *mobile* berbasis Linux yang mencakup sistem operasi, *middleware* dan aplikasi. Android menyediakan *platform* yang terbuka bagi para pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka. Awalnya, Google Inc. membeli Android Inc. yang merupakan pendatang baru yang membuat peranti lunak untuk ponsel/*smartphone*. Kemudian untuk mengembangkan Android, dibutuhkan *Open Handset Alliance*, konsorsium dari 34 perusahaan peranti keras, peranti lunak, dan telekomunikasi, termasuk Google, HTC, Intel, Motorola, Qualcomm, T-Mobile, dan Nvidia (Massimo, 2009).⁹

2.9.2 Perkembangan Android



Gambar 2.10 Perkembangan Android

Sejak tahun 2009, *android* dikembangkan dengan penamaan yang berasal dari makanan pencuci mulut. Setiap perubahan versi juga mengikuti urutan abjad mulai dari A b c d e dan seterusnya. Berikut perkembangan android dari awal sampai saat ini:

- 1) *Android* 1.0 & 1.1: Astro (Alpha) & Bender (Beta)

Android versi ini belum diluncurkan secara publik untuk kebutuhan komersil. *Platform android* sendiri pertama kali diluncurkan pada September 2008 dengan andil Andy Rubin yang saat ini dikenal sebagai Bapak *Android*.

⁹ Galuh Rezky Junianto, *op.,cit*, hal 20.



2) *Android 1.5: Cupcake*

Mulai dari versi *android 1.5* ini, nama *android* mulai menggunakan nama makanan manis untuk setiap versi yang diluncurkan. *Android 1.5 Cupcake* dirilis pada tanggal 30 April 2009 dengan berbagai fitur di sebuah perangkat *smartphone* untuk menggantikan *featured phone* kala itu.

3) *Android 1.6: Donut*

Android 1.6 Donut dirilis pada 15 September 2009. Jenis *android* pun menambahkan beberapa pembaruan, terutama dukungan pada layar *smartphone* yang lebih besar.

4) *Android 2.0 & 2.1: Eclair*

Android 2.0 & 2.1 Eclair masih berfungsi untuk menutupi *bug* yang masih ditemukan pada sistem operasi *mobile* ini. Di samping itu, *android* juga menambah berbagai fitur menarik di dalamnya yang siap digunakan oleh para pengguna *smartphone* berbasis OS *android* ini. Misalnya, dukungan fitur *bluetooth* hingga fitur kamera yang mulai menjadi nilai jual *smartphone* kala itu.

5) *Android 2.2: Froyo (Frozen Yoghurt)*

Android 2.2 Frozen Yoghurt alias *Froyo* ini dirilis pertama kali pada tanggal 20 Mei 2010. Tingkatan *android 2.2 Froyo* memberikan peningkatan pada kecepatan kerja, fitur *USB tethering*, *WiFi*, *hotspot*, serta fitur keamanan.

6) *Android 2.3: Gingerbrea*

Android 2.3 Gingerbread diluncurkan pada Desember 2010 dengan berbagai peningkatan yang cukup signifikan. Hal ini terutama pada tampilan tatap muka alias *user interface* yang digunakan pada tipe *android* yang satu ini. Mulai dari nama versi *android* ini, banyak *brand smartphone* yang mulai melirik menggunakan sistem operasi *android*. Salah satunya Samsung *Galaxy series* yang populer hingga saat ini.

7) *Android 3.0 & 3.2: Honeycomb*

Android 3.0 & 3.2 Honeycomb menggunakan ikon lebah ini diperuntukkan khusus untuk perangkat tablet. Tentu perilsan *android 3.0 & 3.2 Honeycomb*



pada 10 Mei 2011 ini untuk mendukung Samsung yang mulai merilis perangkat tablet Samsung Galaxy Tab *Series* untuk menyaingi Apple iPad.

8) *Android 4.0: Ice Cream Sandwich*

Sistem *android* terbaru selanjutnya ini dirilis pada 19 Oktober 2011. Punya versi nama paling panjang hingga saat ini, *android 4.0 Ice Cream Sandwich* memberikan banyak pembaruan. Mulai dari animasi yang semakin halus, sederhana, dan mudah digunakan.

9) *Android 4.1 & 4.3: Jelly Bean*

Sistem operasi *android* ini pertama kali dirilis pada Juni 2012 dengan membawa sejumlah peningkatan terutama di sektor pengolahan grafis. Dengan begini, tentu *android 4.1 & 4.3 Jelly Bean* bisa memberikan peningkatan fungsi pada *user interface* dan teknologi Vsync yang digunakannya.

10) *Android 4.4: KitKat*

Android 4.4 KitKat pertama kali dirilis pada Oktober 2013. Versi *android* terbaik pada masanya ini pun bisa dikatakan menjadi jenis *android* terfavorit karena mendukung hampir seluruh perangkat *smartphone* di dunia. Hal ini dikarenakan *android 4.4 KitKat* dapat memberikan optimalisasi yang baik, termasuk pada perangkat *smartphone* yang memiliki spesifikasi kurang mumpuni alias cukup rendah saat itu.

11) *Android 5.0 & 5.1: Lollipop*

Android 5.0 & 5.1 Lollipop dirilis dan diresmikan pada Juni 2014. Bisa dibayangkan, seri *android* ini menjadi pionir dibuatnya *smartphone flagship* dengan spesifikasi cukup mumpuni. Versi *android* ini sudah mendukung arsitektur 64-bit yang sudah memungkinkan penggunaan RAM di atas 3GB.

12) *Android 6.0: Marshmallow*

Sistem operasi ini pertama kali diperkenalkan pada Mei 2015 dan mulai dirilis pada Oktober 2015 silam. Nama OS *android* ini secara jelas memberikan peningkatan pada sistem keamanan dengan dihadirkannya *fingerprint sensor* sebagai sistem keamanan biometrik yang digunakan. Selain digunakan untuk mengunci layar, *fingerprint sensor* ini dapat digunakan untuk otentikasi Google Play Store dan pembelian dengan menggunakan *Android Pay*.



13) *Android 7.0 & 7.1: Nougat*

Android 7.0 & 7.1 Nougat pertama kali diperkenalkan pada Juni 2016 dengan menampilkan ikon robot *android* dengan batangan Nougat. Versi *android* ini mengalami perubahan dari segi tampilan antarmuka. Selain itu, ada juga fitur *splitscreen* untuk membagi tampilan layar untuk dua aplikasi sekaligus.

14) *Android 8.0 & 8.1: Oreo*

Versi *android* ini dirilis secara stabil mulai Agustus 2017 dan sudah mengalami pembaruan lewat versi *android 8.1.0 Oreo*. Sistem operasi *android Oreo* menawarkan pengalaman *multitasking* yang makin mumpuni dibanding versi sebelumnya. Ada juga *Project Treble* yang memungkinkan pengguna mendapat pembaruan lebih cepat.

15) *Android 9.0: Pie*

Android 9.0 Pie secara resmi diperkenalkan pada Agustus 2018. Sistem operasi *android* ini memberi banyak ubahan, terutama untuk HP dengan desain baru. Misal *android 9.0 Pie* memberikan navigasi berupa *gesture* yang menggantikan tombol fisik *Home, Back, dan Recent Apps*. Fitur lainnya yang cukup berguna adalah sistem notifikasi, pengatur kecerahan, hingga sistem *screenshot* terbaru yang lebih memudahkan.

16) *Android 10*

Android 10 diluncurkan pada 13 Maret 2019 dan saat ini masih terbatas pada beberapa perangkat HP *android* saja. Versi *android* ini pertama disematkan pada seri *smartphone* Google, yakni Google Pixel, Google Pixel XL, Google Pixel 2, Google Pixel 2 XL, dan lainnya. Salah satu fitur dalam versi *Android* terbaru 2019 ini adalah *Dark Mode* alias mode gelap yang diklaim mampu meningkatkan performa baterai loh.

17) *Android 11*

Dirilis pada 2020, ada sejumlah fitur *android 11* yang bisa dinikmati setelah versi ini dirilis, misalnya fitur keamanan yang lebih canggih dari sebelumnya. Selain itu, ada banyak fitur menarik lainnya dari *android 11*. Seperti notifikasi,



screen recorder tanpa aplikasi tambahan, *picture-in-picture*, hingga mengambil *screenshot* panjang.⁸

2.10 Software Arduino IDE

2.10.1 Pengertian Arduino IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah *software* yang di gunakan untuk memprogram di arduino, dengan kata lain Arduino IDE sebagai media untuk memprogram *board* Arduino. Arduino IDE ini berguna sebagai text editor untuk membuat, mengedit, dan juga mevalidasi kode program. bisa juga digunakan untuk meng-upload ke board Arduino.¹

Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C++. Bahasa pemrograman Arduino (*Sketch*) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama *Bootlader* yang berfungsi sebagai penengah antara *compiler* Arduino dengan mikrokontroler.¹²

2.10.2 Bagian-bagian Arduino IDE

Editor Programming pada umumnya memiliki fitur untuk *cut / paste* dan untuk *find / replace* teks, demikian juga pada Arduino IDE. Pada bagian **keterangan aplikasi** memberikan pesan balik saat menyimpan dan mengekspor serta sebagai tempat menampilkan kesalahan. **Konsol log** menampilkan teks log dari aktifitas Arduino IDE, termasuk pesan kesalahan yang lengkap dan informasi lainnya. Pojok kanan bawah menampilkan *port* serial yang digunakan. Tombol toolbar terdapat ikon tombol pintas untuk memverifikasi

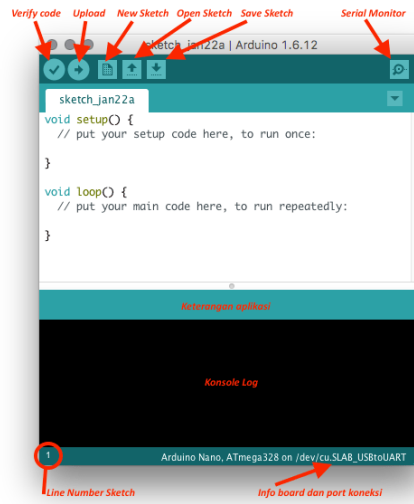
⁸ Jaka, “Daftar Urutan Versi Android Terbaru 2021 | Dari Paling Awal Sampai Android 11!”, diakses dari <https://jalantikus.com/tips/urutan-versi-android/>, pada tanggal 30 Maret 2021 pukul 11.15.

¹ allgoblog.com, “Apa itu Arduini IDE dan Arduino Sketch”, diakses dari <http://allgoblog.com/apa-itu-arduino-ide-dan-arduino-sketch/> , pada tanggal 30 Maret 2021 pukul 11.20

¹² Nurul Aditya Ayu Kusuma, Skripsi: “Rancang Bangun Smart Home Menggunakan Wemos D1 R2 Arduino Compatible Berbasis ESP8266-ESF 12-F”, (Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah, 2108), hal 20.



dan meng-upload program, membuat, membuka, dan menyimpan *sketch*, dan membuka monitor serial.¹



Gambar 2.11 Tampilan *Software* Arduino IDE

- **Verify**, pada versi sebelumnya dikenal dengan istilah *Compile*. Sebelum aplikasi di-upload ke board Arduino, biasanya untuk memverifikasi terlebih dahulu *sketch* yang dibuat. Jika ada kesalahan pada *sketch*, nanti akan muncul error. Proses *Verify / Compile* mengubah *sketch* ke *binary code* untuk di-upload ke mikrokontroler.
- **Upload**, tombol ini berfungsi untuk mengupload *sketch* ke *board* Arduino. Walaupun kita tidak mengklik tombol *verify*, maka *sketch* akan di-*compile*, kemudian langsung diupload ke *board*. Berbeda dengan tombol *verify* yang hanya berfungsi untuk memverifikasi *source code* saja.
- **New Sketch**, membuka window dan membuat *sketch* baru.
- **Open Sketch**, membuka *sketch* yang sudah pernah dibuat. *Sketch* yang dibuat dengan IDE Arduino akan disimpan dengan ekstensi file *.ino*
- **Save Sketch**, menyimpan *sketch*, tapi tidak disertai dengan mengkompilasi.

¹ allgloblog.com, *Loc.cit.*



- **Serial Monitor**, membuka *interface* untuk komunikasi serial, nanti akan kita diskusikan lebih lanjut pada bagian selanjutnya.
- **Keterangan Aplikasi**, pesan-pesan yang dilakukan aplikasi akan muncul di sini, misal *Compiling* dan *Done Uploading* ketika kita mengcompile dan mengupload *sketch* ke *board* Arduino
- **Konsol log**, pesan-pesan yang dikerjakan aplikasi dan pesan-pesan tentang *sketch* akan muncul pada bagian ini. Misal, ketika aplikasi mengcompile atau ketika ada kesalahan pada *sketch* yang kita buat, maka informasi error dan baris akan diinformasikan di bagian ini.
- **Baris Sketch**, bagian ini akan menunjukkan posisi baris kursor yang sedang aktif pada *sketch*.
- **Informasi Board dan Port**, bagian ini menginformasikan *port* yang dipakai oleh *board* Arduino.¹

2.11 Adaptor

2.11.1 Pengertian Adaptor



Gambar 2.12 Adaptor

Secara umum Adaptor adalah rangkaian elektronika yang berfungsi untuk mengubah tegangan AC (arus bolak-balik) yang tinggi menjadi tegangan DC (arus searah) yang lebih rendah. Seperti yang kita tahu bahwa arus listrik yang kita gunakan di rumah, kantor dll, adalah arus listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara) yang didistribusikan dalam bentuk arus bolak-balik atau AC.

¹ *Ibid.*,



Akan tetapi, peralatan elektronika yang kita gunakan hampir sebagian besar membutuhkan arus DC dengan tegangan yang lebih rendah untuk pengoperasiannya. Oleh karena itu diperlukan sebuah alat atau rangkaian elektronika yang bisa merubah arus dari AC menjadi DC serta menyediakan tegangan dengan besar tertentu sesuai yang dibutuhkan. Rangkaian yang berfungsi untuk merubah arus AC menjadi DC tersebut disebut dengan istilah DC Power supply atau adaptor.

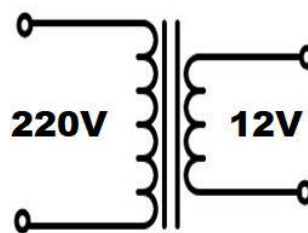
Rangkaian adaptor ini ada yang dipasang atau dirakit langsung pada peralatan elektornikanya dan ada juga yang dirakit secara terpisah. Untuk adaptor yang dirakit secara terpisah biasanya merupakan adaptor yang bersipat universal yang mempunyai tegangan output yang bisa diatur sesuai kebutuhan, misalnya 3 Volt, 4,5 Volt, 6 Volt, 9 Volt, 12 Volt dan seterusnya.³

2.11.2 Bagian-bagian adaptor

Pada sebuah adaptor terdapat beberapa bagian atau blok yaitu trafo (transformator), *rectifier* (penyearah) dan filter

1. Trafo (Transformator)

Adalah sebuah komponen yang berfungsi untuk menurunkan atau menaikkan tegangan AC sesuai kebutuhan. Pada sebuah adaptor, trafo yang digunakan adalah trafo jenis *step down* atau trafo penurun tegangan.



Gambar 2.13 Trafo *Step Down*

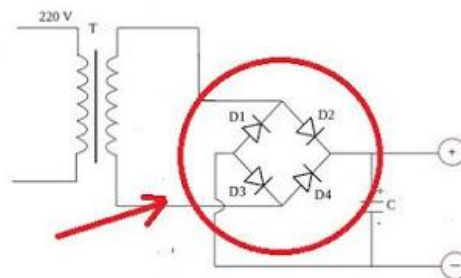
Trafo terdiri dari 2 bagian yaitu bagian primer dan bagian sekunder, pada masing-masing bagian terdapat lilitan kawat email yang jumlahnya

³ elekkomp.blogspot.com, “Pengertian Adaptor dan Fungsinya”, diakses dari https://elekkomp.blogspot.com/2018/10/pengertian-adaptor-dan_fungsinya.html , pada tanggal 3 April 2021 pukul 13.20.



berbeda. Untuk trafo *step-down*, jumlah lilitan primer akan lebih banyak dari jumlah sekunder. Lilitan Primer merupakan *input* dari pada Transformator sedangkan *Output*-nya adalah pada lilitan sekunder. Meskipun tegangan telah diturunkan, output dari Transformator masih berbentuk arus bolak-balik (arus AC) yang harus diproses selanjutnya.

2. *Rectifier* (Penyearah)



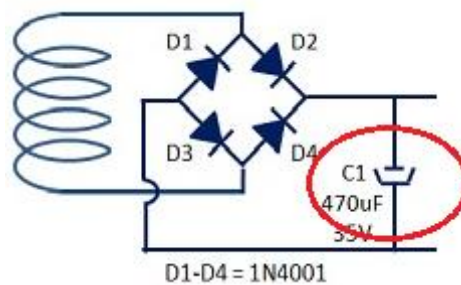
Gambar 2.14 Rangkaian Adaptor

Dalam rangkaian adaptor atau catu daya, tegangan yang sudah di turunkan oleh trafo, arusnya masih berupa arus bolak-balik atau AC. Karena arus yang dibutuhkan oleh rangkaian elektronika adalah arus DC, sehingga harus disearahkan terlebih dahulu. Bagian yang berfungsi untuk menyearahkan arus AC menjadi DC pada adaptor disebut dengan istilah *rectifier* (penyearah gelombang). Rangkaian *Rectifier* biasanya terdiri dari komponen Dioda. Pada rangkaian adaptor rangkaian *rectifier* ini terdiri dari 2 jenis yaitu:

- a. *Half Wave Rectifier* : menggunakan 1 dioda penyearah
- b. *Full Wave Rectifier* : menggunakan 2 atau 4 dioda penyearah.

3. *Filter* (Penyaring)

Filter adalah bagian yang berfungsi untuk menyaring atau meratakan sinyal arus yang keluar dari bagian *rectifier*. *Filter* ini biasanya terdiri dari komponen Kapasitor (Kondensator) yang berjenis Elektrolit atau ELCO (*Electrolyte Capacitor*).

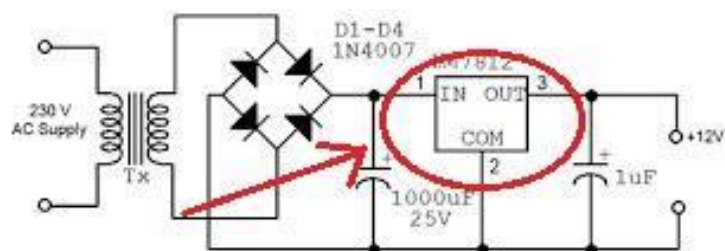


Gambar 2.15 Elco Filter

Sebenarnya dengan adanya bagian trafo, *rectifier* dan *filter* syarat dari sebuah adaptor sudah terpenuhi, namun terkadang tegangan yang dihasilkan biasanya tidak stabil sehingga diperlukan bagian lain yaitu yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan dan mendapatkan tegangan yang akurat. Bagian tersebut adalah bagian regulator atau pengatur tegangan.

4. *Voltage Regulator* (Pengatur Tegangan)

Untuk menghasilkan tegangan dan Arus DC yang tetap dan stabil , diperlukan bagian *Voltage Regulator* yang berfungsi untuk mengatur tegangan sehingga tegangan *output* tidak dipengaruhi oleh suhu, arus beban dan juga tegangan input yang berasal *output filter*. *Voltage Regulator* pada umumnya terdiri dari Dioda Zener, Transistor atau IC

Gambar 2.16 *Voltage Regulator*

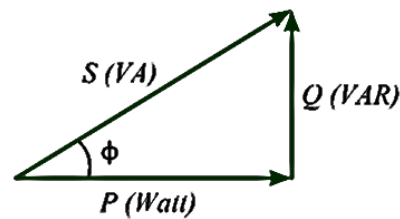
Pada DC *Power Supply* yang canggih, biasanya *Voltage Regulator* juga dilengkapi dengan *Short Circuit Protection* (Perlindungan atas hubung singkat), *Current Limiting* (Pembatas Arus) ataupun *Over Voltage Protection* (Perlindungan atas kelebihan tegangan).³

³ *Ibid.*,



2.12 Daya

Pada sistem tenaga listrik, daya merupakan jumlah energi yang digunakan untuk mengoperasikan peralatan listrik, daya memiliki satuan watt, yang merupakan perkalian dari tegangan (volt) dan arus (ampere). Daya dinyatakan dalam P , tegangan dinyatakan dalam V dan arus dinyatakan dalam I . Pada listrik arus bolak balik daya dibagi menjadi tiga yaitu daya semu (S), daya aktif (P), dan daya reaktif (Q).⁴ Hubungan antara ketiga daya ini dapat dilihat pada gambar 2.16



Gambar 2.17 Segitiga Daya

1. Daya Aktif

Daya aktif merupakan daya yang dihasilkan karena beban resistif murni. Secara sederhana, daya aktif adalah daya yang dibutuhkan oleh beban resistif. Daya aktif menunjukkan adanya aliran energi listrik dari pembangkit listrik ke jaringan beban untuk dapat dikonversikan menjadi energi lain. Sebagai contoh penggunaan daya aktif ini biasanya pada pemanas, penerangan, dan beban resistif lainnya.⁴ Daya ini dapat dihitung dengan persamaan 2.1

$$P = VI \cos\phi \dots\dots\dots(2.1)$$

2. Daya Reaktif

Daya reaktif adalah daya imajiner yang menunjukkan adanya pergeseran grafik sinusoidal arus dan tegangan listrik AC akibat adanya beban reaktif. Daya reaktif memiliki fungsi yang sama dengan faktor daya atau juga bilangan $\cos \phi$.

⁴ Nanda Fartino, "Kajian Perancangan Alat Perbaikan Faktor Daya Otomatis", *Jurnal Online Teknik Elektro*. Vol 5 No.1, 2020, hal 11.



Daya reaktif ataupun faktor daya akan memiliki nilai ($\neq 0$) jika terjadi pergeseran grafik sinusoidal tegangan ataupun arus listrik AC, yakni pada saat beban listrik AC bersifat induktif ataupun kapasitif. Sedangkan jika beban listrik AC bersifat murni resistif, maka nilai dari daya reaktif akan nol ($=0$). Daya reaktif adalah jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet. Dari pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet dengan satuan VAR. Contoh beban yang menimbulkan daya reaktif adalah motor.⁴ Persamaannya ditulis seperti persamaan 2.2

$$Q = VI \sin\phi \dots\dots\dots(2.2)$$

3. Daya Semu

Daya semu adalah hasil perkalian antara V rms dan I rms pada suatu jaringan listrik. Dimana V rms dan I rms ini merupakan nilai tegangan efektif dan nilai arus efektif.⁴ Daya semu dapat dihitung dengan persamaan 2.3

$$S = V.I \dots\dots\dots(2.3)$$

Selain itu dengan hubungan segitiga daya pada gambar 2.16, maka hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya semu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan pitagoras 2.4

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

2.13 Pengukuran dan Kesalahan (*Error*)

Pengukuran adalah proses membandingkan nilai besaran yang diukur dengan nilai besaran standar. Pada pengukuran nilai yang terukur akan tidak sama dengan nilai yang diharapkan, biasanya terdapat kesalahan (*error*) dari pengukuran. Kesalahan ini bisa kita nyatakan sebagai kesalahan mutlak (*absolute of error*) atau persentase kesalahan (*percent of error*).⁷ Kesalahan mutlak

⁴ *Ibid.*, hal 12.

⁷ Yohannes Irwan Indradjaja, "Pengantar Alat Ukur", diakses dari <https://adoc.pub/quence/pengantar-alat-ukur-bab-pendahuluan.html>, pada tanggal 12 Juli 2021 pukul 08.00



didefinisikan sebagai selisih antara nilai yang sebenarnya dan nilai hasil pengukuran, atau

$$e = Y_n - X_n \dots\dots\dots(2.5)$$

dimana :

e = kesalahan mutlak

Y_n = nilai yang sebenarnya

X_n = hasil pengukuran

Jika dinyatakan dalam bentuk persentase, maka;

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Kesalahan mutlak}}{\text{Nilai yang sebenarnya}} \times 100\%$$

$$\% \text{ error} = \left| \frac{e}{Y_n} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

Dalam melakukan pengukuran tidak ada yang menghasilkan ketelitian yang sempurna, tetapi untuk mengetahui ketelitian yang sebenarnya dan bagaimana kesalahan-kesalahan yang berbeda dilakukan dalam pengukuran. Kesalahan-kesalahan tersebut dapat terjadi karena berbagi sebab dan umumnya dibagi kedalam 3 jenis utama yaitu :

1. Kesalahan-kesalahan umum (*gross error*), merupakan kesalahan yang disebabkan oleh manusia (misalnya kesalahan dalam pembacaan alat ukur, penyetelan yang tidak tepat, pemakaian instrumen yang tidak sesuai dan kesalahan dalam penafsiran)
2. Kesalahan-kesalahan sistematis (*systematic error*), merupakan kesalahan dari kekurangan-kekurangan instrumen itu sendiri (misalnya adanya kerusakan atau bagian-bagian dari peralatan yang sudah aus, pengaruh lingkungan terhadap peralatan atau pemakai).
3. Kesalahan-kesalahan acak (*random error*), merupakan kesalahan-kesalahan yang tidak langsung dapat diketahui sebab perubahan-perubahan parameter atau sistem pengukuran terjadi secara acak/random.⁷

⁷ *Ibid.*,