



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar-Dasar Sistem Proteksi¹

Secara umum rele proteksi harus dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan dengan waktu pemutusan yang cepat sehingga tidak akan mengakibatkan kerusakan, ataupun kalau suatu peralatan terjadi kerusakan secara dini telah diketahui, atau walaupun terjadi gangguan tidak menimbulkan pemadaman pada konsumen. Hal ini dapat dijabarkan sebagai fungsi dan persyaratan rele pengaman seperti penjelasan berikut:

Rele proteksi adalah susunan peralatan yang direncanakan untuk dapat merasakan atau dapat mengukur adanya gangguan atau mulai merasakan adanya ketidaknormalan pada peralatan atau bagian sistem tenaga listrik dan segera secara otomatis memberi perintah untuk membuka pemutus tenaga untuk memisahkan peralatan atau bagian dari sistem yang terganggu dan member isyarat berupa lampu / bel. Rele proteksi dapat merasakan atau melihat adanya gangguan pada peralatan yang diamankan dengan mengukur atau membandingkan besaran-besaran yang diterimanya, misalnya arus, tegangan, daya, sudut fasa, frekuensi, impedansi dan sebagainya, dengan besaran yang telah ditentukan, kemudian mengambil keputusan untuk seketika ataupun dengan perlambatan waktu membuka pemutus tenaga. Pemutus tenaga umumnya dipasang pada generator, transformator daya, saluran transmisi, saluran distribusi dan sebagainya supaya masing-masing bagian sistem dapat dipisahkan sedemikian rupa sehingga sistem lainnya tetap dapat beroperasi secara normal.

Tugas rele proteksi juga berfungsi menunjukkan lokasi dan macam gangguannya. Dengan data tersebut memudahkan analisa dari gangguannya. Dalam beberapa hal rele hanya member tanda adanya gangguan taua kerusakan, jika dipandang dari gangguan dan kerusakannya tersebut tidak segera membahayakan.

¹ Samaulah, Hazairin. 2004. *Dasar-Dasar Sistem Proteksi Tenaga Listrik*. Unsri. Hal: 2



Dari uraian diatas maka rele proteksi pada sistem tenaga listrik berfungsi untuk:

- Merasakan, mengukur dan menentukan bagian sistem yang terganggu serta memisahkannya secepatnya sehingga sistem lain yang tidak terganggu tetap dapat beroperasi secara normal.
- Mengurangi kerusakan yang lebih parah dari peralatan yang terganggu.
- Mengurangi pengaruh gangguan terhadap bagian sistem yang lain tidak terganggu di dalam sistem tersebut serta mencegah meluasnya gangguan
- Memperkecil bahaya bagi manusia.

2.2 Persyaratan Sistem Proteksi²

2.2.1 Kepekaan (*Sensitivity*)

Pada prinsipnya relay harus cukup peka sehingga dapat mendeteksi gangguan di kawasan pengamannya, termasuk kawasan pengaman cadangan-jauhnya, meskipun dalam kondisi yang memberikan deviasi yang minimum.

Untuk relai *overvoltage* dan *undervoltage* bertugas pula sebagai pengaman cadangan jauh bagi sesi berikutnya, relay itu harus dapat mendeteksi *overvoltage* dan *undervoltage* di bagian sesi berikutnya dalam kondisi yang disesuaikan.

Sebagai pengaman peralatan listrik seperti motor, generator, trafo atau peralatan peralatan listrik yang lainnya maka relay yang peka dapat mendeteksi gangguan pada tingkatan yang masih dini sehingga dapat membatasi kerusakan. Bagi peralatan tersebut hal ini sangat penting karena jika gangguan itu sampai merusak peralatan-peralatan listrik tersebut tentunya sangat merugikan bagi konsumen.

² Affandi, Irfan. 2009. *Analisa Setting Relai Arus Lebih dan Relai Gangguan Tanah Pada Penyulang Sadewa di GI Cawang*. Depok: UI. Hal: 16



2.2.2 Keandalan

Ada 5 aspek utama dalam keandalan sebuah rele proteksi yaitu:

1. *Dependability*

Yaitu tingkat kepastian bekerjanya (keandalan kemampuan bekerjanya). Pada prinsipnya pengaman harus dapat diandalkan bekerjanya (dapat mendeteksi dan melepaskan bagian yang terganggu), tidak boleh gagal bekerja. Dengan kata lain *Dependability*-nya haruslah tinggi.

2. *Security*

Yaitu tingkat kepastian untuk tidak salah bekerja (Keandalan untuk tidak salah bekerja). Salah kerja adalah kerja yang tidak semestinya tidak harus kerja, misalnya karena lokasi gangguan di luar kawasan pengamanannya atau sama sekali tidak ada gangguan atau kerja yang terlalu cepat atau kerja yang terlalu lambat. Salah kerja dapat mengakibatkan pemadaman yang sebenarnya tidak perlu terjadi.

3. *Availability*

Yaitu perbandingan antara waktu dimana pengaman dalam keadaan berfungsi / siap kerja dan waktu total dalam operasinya. Dengan relay elektromekanis, jika rusak / tak berfungsi, tak diketahui segera. Baru diketahui dan diperbaiki lalu diganti. Selain itu sistem proteksi yang baik juga dilengkapi dengan sistem proteksi yang dapat memberikan alarm sebelum sebuah peralatan rusak.

4. *Kecepatan*

Untuk memperkecil kerugian/kerusakan akibat gangguan, maka bagian yang terganggu harus cepat untuk dipisahkan secepat mungkin dari bagian lain yang tidak terganggu. Waktu total pembebasan sistem dari gangguan adalah waktu sejak munculnya gangguan, sampai bagian yang terganggu benar-benar terpisah dari bagian yang lainnya. Kecepatan itu sangat penting untuk:



- Menghindari kerusakan secara thermis pada peralatan yang dilalui oleh *undervoltage* dan *overvoltage*
- Mempertahankan kestabilan sistem
- Menghindarkan busur api yang terjadi pada penghantar karena tegangan yang diatas nominal dari penghantar tersebut

2.2.3 Selektifitas

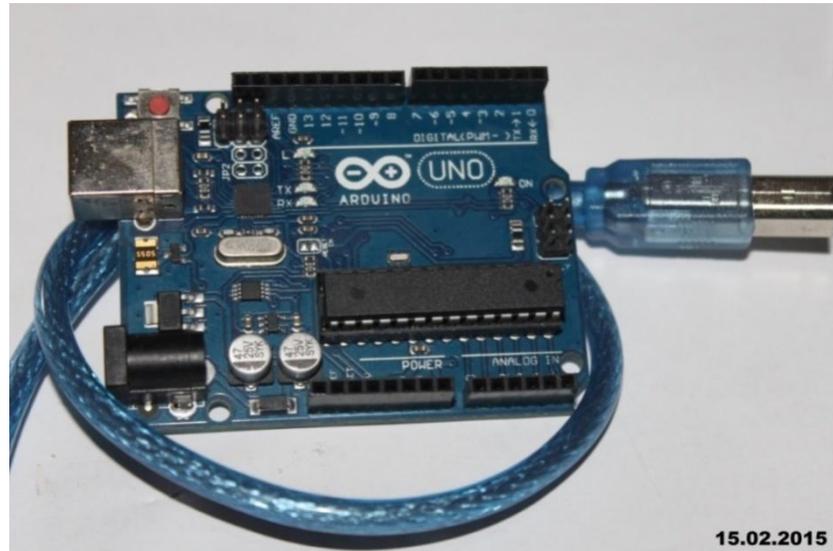
Pengaman harus dapat memisahkan bagian sistem yang terganggu sekecil mungkin yaitu hanya seksi atau peralatan yang terganggu saja yang termasuk dalam pengawasan utamanya. Jadi rele harus dapat membedakan apakah:

- Gangguan terletak dikawasan pengamannya dimana harus bekerja
- Gangguan terletak di seksi berikutnya dimana ia harus bekerja dengan waktu tunda
- Gangguan diluar daerah pengamannya, dimana rele tidak harus trip sama sekali.

2.3 Mikrokontroler Arduino Uno

2.3.1 Pengertian Arduino Uno

Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis ATmega328P. Uno memiliki 14 pin digital dimana 6 diantaranya menyediakan keluaran PWM (Pulse width Modulation), 6 input analog, kecepatan waktu 16 MHz, koneksi USB(Universal Serial Bus), jack listrik, dan tombol reset. Uno dibangun berdasarkan apa yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, sumber daya bisa menggunakan power USB (jika terhubung ke komputer dengan kabel USB) dan juga dengan adaptor atau power supply yang memiliki tegangan 6V – 12V.



Gambar 2.1 Modul Mikrokontroler Arduino Uno³

No.	Parameter	Keterangan
1	Processing Unit	Arduino Uno
2	Operating Voltage	5V
3	Reference Input Voltage	6V-12V
4	Digital I/O Pin	14 Pin (6 ~ PWM Pin)
5	Analog I/O Pin	6 Pin
6	I/O Max Current	40 mA
8	Flash Memory	32 kB
9	SRAM	2 kB
10	EPROM	1 kB
11	Clock Speed	16 MHz

Tabel 2.1 Spesifikasi *Arduino Uno*⁴

Mikrokontroler dapat berfungsi sebagai pengontrol utama dalam sistem elektronika digital. Kita dapat mengisikan program ke dalam flash memory dari mikrokontroler tersebut. Jadi dengan satu chip saja kita dapat

³ Santoso, Hari. *Arduino Untuk Pemula*: www.elangsakti.com/2015/05/belajar-arduino-untuk-pemula.html: Diakses Pada 16 Februari 2017 21:48 WIB

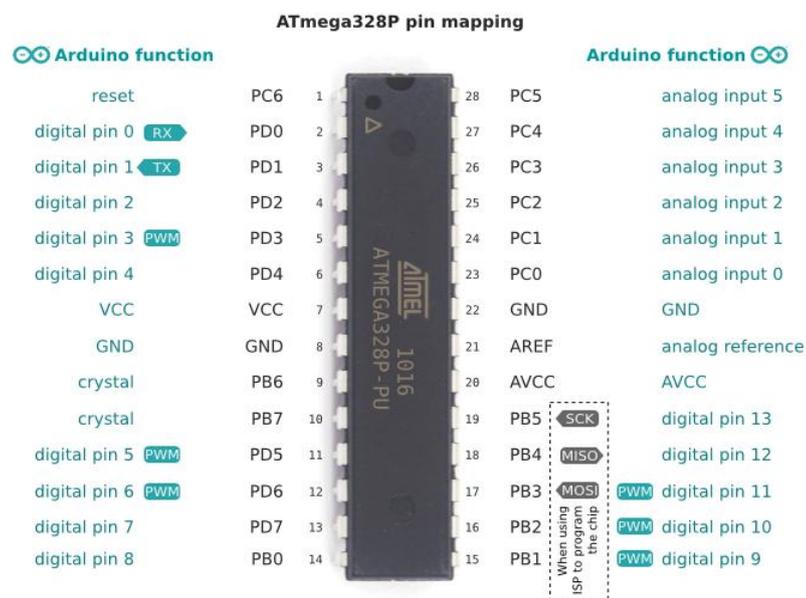
⁴ <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> : Diakses Pada 17 Februari 2017 20:00 WIB



membuat suatu system elektronika canggih karena semua fitur (memori, ADC (Analog to Digital Converter), komunikasi serial, ROM (Read Only Memory), timer, dll) sudah ada didalam mikrokontroler tersebut.

2.3.2 Pinout Arduino Uno / Mikrokontroler ATMEGA 328P

ATMega328P merupakan mikrokontroler keluarga AVR 8 bit. Beberapa tipe mikrokontroler yang sama dengan ATMega8 ini antara lain ATMega8535, ATMega16, ATMega32, ATmega328, yang membedakan antara mikrokontroler antara lain adalah, ukuran memori, banyaknya GPIO (pin *input/output*), peripheral (USART, *timer*, *counter*, dll). Dari segi ukuran fisik, ATMega328 memiliki ukuran fisik lebih kecil dibandingkan dengan beberapa mikrokontroler diatas. Namun untuk segi memori dan periperial lainnya ATMega328 tidak kalah dengan yang lainnya karena ukuran memori dan periperialnya relatif sama dengan ATMega8535, ATMega32, hanya saja jumlah GPIO lebih sedikit dibandingkan mikrokontroler diatas.



Gambar 2.2 Pinout Arduino Uno⁵

⁵ *ibid*



ATMega328P memiliki 3 buah PORT utama yaitu PORTB, PORTC, dan PORTD dengan total pin *input/output* sebanyak 23 pin. PORT tersebut dapat difungsikan sebagai *input/output* digital atau difungsikan sebagai periperhal lainnya.

Fungsi Pin-pin Mikrontroler Atmega328P:⁶

1. PortB

Port B merupakan jalur data 8 bit yang dapat difungsikan sebagai *input/output*. Selain itu PORTB juga dapat memiliki fungsi alternatif seperti di bawah ini.

- a. ICP1 (*Input Capture Pin 1*) (PB0), berfungsi sebagai *Timer Counter 1 input capture* pin.
- b. OC1A (PB1), OC1B (PB2) dan OC2 (PB3) dapat difungsikan sebagai keluaran PWM (*Pulse Width Modulation*).
- c. MOSI (PB3), MISO (PB4), SCK (PB5), SS (PB2) merupakan jalur komunikasi SPI.
- d. Selain itu pin ini juga berfungsi sebagai jalur pemograman serial (ISP).
- e. TOSC1 (PB6) dan TOSC2 (PB7) dapat difungsikan sebagai sumber *clock* external untuk *timer*.
- f. XTAL1 (PB6) dan XTAL2 (PB7) merupakan sumber *clock* utama mikrokontroler.

2. PortC

Port C merupakan jalur data 7 bit yang dapat difungsikan sebagai *input/output* digital. Fungsi alternatif PORTC antara lain sebagai berikut.

- a. Pin Analog ADC6 *channel* (PC0,PC1,PC2,PC3,PC4,PC5) dengan resolusi sebesar 10 bit. ADC dapat kita gunakan untuk mengubah input yang berupa tegangan analog menjadi data digital

⁶ <http://aozon.blogspot.co.id/2014/03/mengenal-arduino-uno-lebih-rinci.html> : Diakses Pada 17 Februari 2017 20:00 WIB



- b. Pin Digital 14 Channel, 6 PWM I2C (SDA dan SDL) merupakan salah satu fitur yang terdapat pada PORTC. I2C digunakan untuk komunikasi dengan sensor atau *device* lain yang memiliki komunikasi data tipe I2C seperti sensor kompas, *accelerometer nunchuck*.

3. PortD

Port D merupakan jalur data 8 bit yang masing-masing pin-nya juga dapat difungsikan sebagai input/output. Sama seperti *Port B* dan *Port C*, *Port D* juga memiliki fungsi alternatif dibawah ini.

- a. USART (TXD dan RXD) merupakan jalur data komunikasi serial dengan level sinyal TTL. Pin TXD berfungsi untuk mengirimkan data serial, sedangkan RXD kebalikannya yaitu sebagai pin yang berfungsi untuk menerima data serial.
- b. *Interrupt* (INT0 dan INT1) merupakan pin dengan fungsi khusus sebagai interupsi *hardware*. Interupsi biasanya digunakan sebagai selaan dari program, misalkan pada saat program berjalan kemudian terjadi interupsi *hardware/software* maka program utama akan berhenti dan akan menjalankan program interupsi.
- c. XCK dapat difungsikan sebagai sumber *clock external* untuk USART, namun kita juga dapat memanfaatkan *clock* dari CPU, sehingga tidak perlu membutuhkan *externalclock*.
- d. T0 dan T1 berfungsi sebagai masukan *counter external* untuk *timer 1* dan *timer 0*.
- e. AIN0 dan AIN1 keduanya merupakan masukan *input* untuk *analog comparator*.



2.3.3 Daya Arduino Uno⁷

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB (*Universal Serial Bus*), Adaptor, atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Untuk sumber daya Eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan memasukkan 2.1mm jack DC ke colokan listrik board. Baterai dapat dimasukkan pada pin header Gnd dan Vin dari konektor daya.

Board dapat beroperasi pada pasokan eksternal dari 6 sampai 12 volt. Jika Anda menggunakan tegangan kurang dari 6 volt mungkin tidak akan stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan merusak papan. Rentang yang dianjurkan adalah 6 sampai 12 volt. Pin listrik yang tersedia adalah sebagai berikut:

1. VIN (*Volt In*) Input tegangan ke board Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal. Anda dapat menyediakan tegangan melalui pin ini, atau, jika Anda ingin memasok tegangan melalui colokan listrik, gunakan pin ini.
2. 5V. Pin ini merupakan output 5V yang telah diatur oleh regulator papan Arduino. Board dapat diaktifkan dengan daya, baik dari colokan listrik DC (6 - 12V), konektor USB (5V), atau pin VIN board (7-12V). Jika Anda memasukan tegangan melalui pin 5V atau 3.3V secara langsung (tanpa melewati regulator) dapat merusak papan Arduino. Penulis tidak menyarankan itu.
3. Tegangan pada pin 3V3. 3.3Volt dihasilkan oleh regulator on-board. Menyediakan arus maksimum 50 mA.

⁷ Budiharto, Widodo dan Sigit Firmansyah. 2008. *Elektronika Digital + Mikroprosesor*. Jakarta: ANDI



4. GND. Pin Ground.
5. IOREF. Pin ini di papan Arduino memberikan tegangan referensi ketika mikrokontroler beroperasi. Sebuah shield yang dikonfigurasi dengan benar dapat membaca pin tegangan IOREF sehingga dapat memilih sumber daya yang tepat agar dapat bekerja dengan 5V atau 3.3V.

2.3.4 Memori Arduino Uno

ATmega328 memiliki Flash Memory 32 KB. ATmega328 juga memiliki 2 KB SRAM dan 1 KB EEPROM

- **SRAM**

Memori data yang berukuran 2 KB dan digunakan untuk menyimpan data sementara pada saat run-time. Jika catu daya dimatikan, maka isi memori ini akan hilang

- **EEPROM**

Memori data yang berukuran 1 KB yang digunakan untuk menyimpan data absolut karena data yang terdapat EEPROM ini tidak akan hilang walaupun catu daya dimatikan.

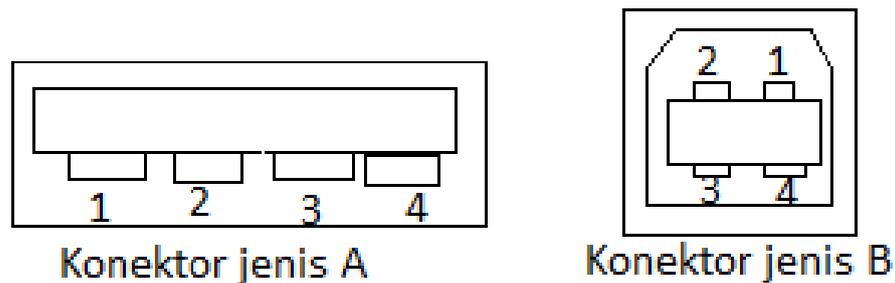
2.3.5 Port USB (Universal Socket Bus)

USB adalah port yang sangat diandalkan, saat ini dengan bentuknya yang kecil dan kecepatan datanya yang tinggi, anda dapat menghubungkan hingga 127 produk USB dalam 1 komputer. USB versi 1.1 mendukung kecepatan, yaitu mode kecepatan penuh 12Mbits/s dan kecepatan rendah 1,5Mbits/s yang dikenal sebagai mode kecepatan tinggi.



- Konektor USB

Ada dua macam konektor USB yaitu konektor A untuk hubungan ke komputer dan konektor B untuk hubungan ke *Arduino Uno*. Secara fisik dapat dibedakan dengan mudah untuk menghindari kesalahan pemasangan.



Gambar 2.3 Konektor USB

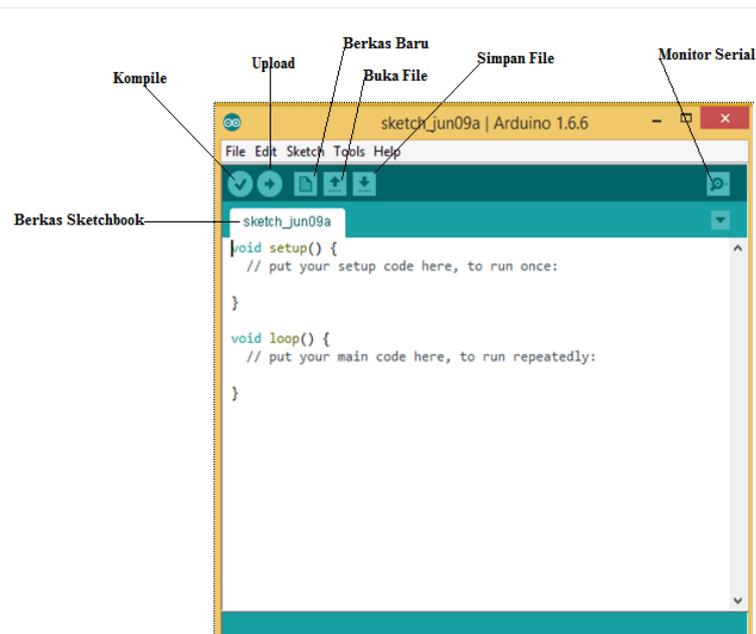
- Perlindungan Arus USB

Arduino Uno memiliki polyfuse reset yang melindungi port USB komputer Anda dari arus pendek atau berlebih. Meskipun kebanyakan komputer memberikan perlindungan internal sendiri, sekering menyediakan lapisan perlindungan tambahan. Jika lebih dari 500 mA, sekering otomatis bekerja.

2.3.6 Software Pemrogram Arduino Uno⁸

Arduino Uno dapat diprogram dengan perangkat lunak Arduino . Pada ATmega328 di Arduino terdapat *bootloader* yang memungkinkan Anda untuk meng-*upload* kode baru untuk itu tanpa menggunakan *programmer hardware eksternal*.

⁸ <http://aozon.blogspot.co.id/2014/03/mengenai-arduino-uno-lebih-rinci.html>. *op cit*



Gambar 2.4 Antarmuka *Software Pemrogram Arduino Uno*

IDE (*Integrated Development Environment*) Arduino adalah *software* yang sangat canggih ditulis dengan menggunakan Java. IDE Arduino terdiri dari:

- Editor program, sebuah window yang memungkinkan pengguna menulis dan mengedit program dalam bahasa *Processing*.
- Compiler*, sebuah modul yang mengubah kode program (bahasa *Processing*) menjadi kode biner. Bagaimanapun sebuah mikrokontroler tidak akan bisa memahami bahasa *Processing*. Yang bisa dipahami oleh mikrokontroler adalah kode biner. Itulah sebabnya *compiler* diperlukan dalam hal ini.
- Uploader*, sebuah modul yang memuat kode biner dari komputer ke dalam memory didalam papan Arduino.
- Save and Open*, Perintah yang berfungsi untuk membuka file yang telah disimpan atau untuk menyimpan sebuah program yang telah kita buat.



2.3.7 Bahasa Pemrograman Arduino Uno

Bahasa pemrograman Arduino Uno menggunakan Bahasa assembly C yang merupakan Bahasa pemrograman tingkat Menengah karena ia berinteraksi langsung dengan hardware computer. Dengan berkerjanya CPU menggunakan biner, maka ia dapat berkerja sangat cepat.

Kemudahan yang disediakan untuk pemrogram cukup penting, biasanya menyakut:

- a. Kode operasi pengingat (menomonic operation code)
- b. Pengacuan simbolik dari alamat penyimpan
- c. Representasi data yang memudahkan (convenient data representation)
- d. Daftar program (program listings)
- e. Deteksi kesalahan (error detection)

Walaupun banyak sekali terdapat bahasa pemrograman tingkat tinggi (*high level language*) seperti pascal, basic, cobol, dan lainnya. Walaupun demikian, sebagian besar dari paraprogramer profesional masih tetap memilih bahasa C sebagai bahasa yang lebih unggul, berikut alasan-alasannya:

- Bahasa C merupakan bahasa yang *powerful* dan *fleksibel* yang telah terbukti dapat menyelesaikan program-program besar seperti pembuatan sistem operasi, pengolah gambar (seperti pembuatan game) dan juga pembuatan kompilator bahasa pemrograman baru.
- Bahasa C merupakan bahasa yang *portabel* sehingga dapat dijalankan di beberapa sistem operasi yang berbeda. Sebagai contoh program yang kita tulis dalam sistem operasi windows dapat kita kompilasi didalam sistem operasi linux dengan sedikit ataupun tanpa perubahan sama sekali.
- Bahasa C merupakan bahasa yang sangat populer dan banyak digunakan oleh programer berpengalaman sehingga kemungkinan besar *library* pemrograman telah banyak disediakan oleh pihak luar/lain dan dapat diperoleh dengan mudah.



- Bahasa C merupakan bahasa yang bersifat modular, yaitu tersusun atas rutin-rutin tertentu yang dinamakan dengan fungsi (*function*) dan fungsi-fungsi tersebut dapat digunakan kembali untuk pembuatan program-program lainnya tanpa harus menulis ulang implementasinya.
- Bahasa C merupakan bahasa tingkat menengah (*middle level language*) sehingga mudah untuk melakukan interface (pembuatan program antar muka) ke perangkat keras.

2.4 Layar LCD 16x2⁹

2.4.1 Pengertian Layar LCD 16x2

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan tidak hanya menampilkan angka-angka, tetapi juga huruf-huruf, kata-kata dan semua sarana symbol, lebih bagus dan serbaguna daripada penampilan-penampilan yang menggunakan 7-segment LED (*Light Emiting Diode*) yang sudah umum. Modul LCD mempunyai basis *interface* yang cukup baik, yang sesuai dengan system minium AT90S2313. Juga sesuai dengan keluarga mikrokontroler yang lain.

Bentuk dan ukuran modul-modul berbasis karakter banyak ragamnya. salah satu variasi bentuk dan ukuran yang tersedia dan dipergunakan pada peralatan ini adalah 16x2 karakter (panjang 16, baris 2, karakter 32) dan 16 pin.

⁹ <https://www.engineersgarage.com/electronic-components/16x2-lcd-module-datasheet> :
Diakses pada 18 Februari 2017 08:40 WIB

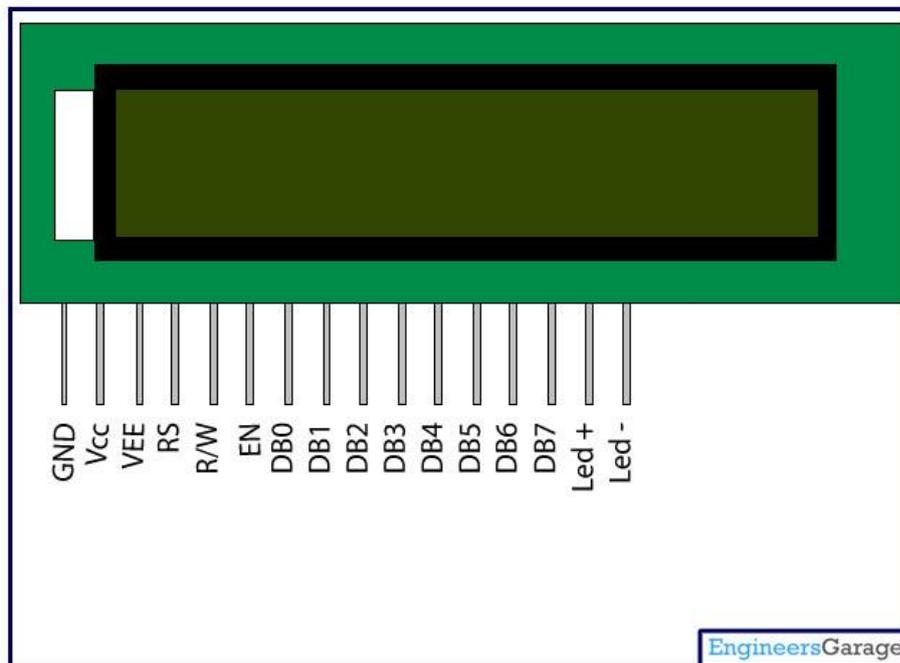


Gambar 2.5 Layar LCD 16x2

Ketika power dinyalakan, display menampilkan sederet persegi gelap, mungkin hanya pada bagian display. Sel-sel karakter ini sebenarnya merupakan bagian yang mati. Modul display mereset sendiri pada bagian awal ketika power dinyalakan, yang mana layar jadi kosong sehingga karakter-karakter tidak dapat terlihat. Dengan demikian perlu untuk memberikan perintah pada poin ini untuk menyalakan display.

2.4.2 Pinout dari Layar LCD 16x2

Modul LCD berukuran 16 karakter x 2 baris dengan fasilitas back lighting memiliki 16 pin yang terdiri dari 8 jalur data, 3 jalur control dan jalur-jalur catu daya. Masing-masing jalur pinout ini dapat dihubungkan dengan Arduino Uno guna untuk menampilkan karakter sesuai dengan bagian yang telah kita program. Berikut ini adalah fungsi dari pinout LCD 16x2:



Gambar 2.6 Pinout Layar LCD 16x2

a. Pin 1 dan Pin 2

Merupakan sambungan catu daya, Vss dan Vdd. Pin Vdd dihubungkan dengan tegangan positif catu daya, dan Vss pada 0 volt atau ground. Meskipun data menentukan catu 5 Vdc (hanya beberapa mA), menyediakan 6V dan 4,5V yang keduanya bekerja dengan baik, bahkan 3V cukup untuk beberapa modul.

b. Pin 3

Merupakan sambungan pin control Vcc yang digunakan untuk mengatur kontras display. Idealnya pin ini dihubungkan dengan tegangan yang bias diubah untuk memungkinkan pengaturan terhadap tingkatan kontras display sesuai dengan kebutuhan.

c. Pin 4

Merupakan RS(*register select*), masukan yang pertama dari tiga command control input. Dengan membuat RS menjadi *high*, data karakter dapat transfer dari dan menuju modulnya.



d. Pin 5

Read/Write (R/W), untuk memfungsikannya sebagai perintah *write* maka R/W low atau menulis karakter ke modul. R/W *high* untuk membaca data karakter atau informasi status dari registernya.

e. Pin 6

Enable (E), input ini digunakan untuk transfer actual dari perintah-perintah atau karakter antara modul dengan hubungan data. Ketika menulis ke display, data transfer hanya pada perpindahan *high* atau *low*. Tetapi ketika membaca dari display, data akan menjadi lebih cepat tersedia setelah perpindahan dari *low* ke *high* dan tetap tersedia hingga sinyal *low* lagi.

f. Pin 7 sampai Pin 14

Pin 7 sampai Pin 14 adalah delapan jalur data (D0 – D7) dimana data dapat di transfer ke dan dari *display* menuju ke *Arduino Uno*.

g. Pin 15 dan 16

Pin 15 atau Anoda (+) mempunyai level DC +5V berfungsi sebagai LED *backlight* + sedangkan pin 16 yaitu Katoda (-) memiliki level 0V dan berfungsi sebagai LED *backlight*. [10]

2.5 Relay¹⁰

Relay adalah suatu alat elektromekanik yang mengubah signal elektrik menjadi suatu gerakan mekanik. Pada kemasan relay berisi coil dan kontak yang terbuat dari bahan metal. Relay terdiri dari 2 bagian utama yaitu bagian elektromagnetik (*coil*) dan mekanikal (perangkat kontak NO/NC). Relay menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar sehingga tegangan yang rendah dapat menghantarkan arus listrik dengan tegangan dan arus yang lebih tinggi.

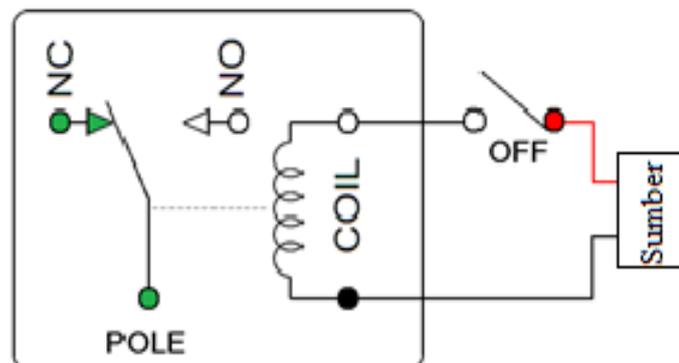
¹⁰ <http://inkubator-teknologi.com/interfacing-arduino-dengan-relay/> : Diakses pada 18 Februari 2017 09:00 WIB



Gambar 2.7 Bentuk Fisik Dari Relay 5V/220V

2.5.1 Cara Kerja Relay

Cara kerja dari relay yaitu pada saat terdapat arus yang melalui coil pada relay menyebabkan timbulnya medan magnet, dimana medan magnet ini nantinya akan membuat kontak yang tertutup atau menutup kontak yang terbuka. Arus yang keluar dari mikrokontroler tidak mencukupi untuk menggerakkan coil pada relay. Hal ini dikarenakan pada coil relay membutuhkan arus sekitar 100mA, sedangkan pada mikrokontroler hanya menyuplai arus sebesar 25mA.



Gambar 2.8 Cara Kerja Dari Relay 5V/220V



2.5.2 Keuntungan dan Kerugian Menggunakan Relay

Keuntungan dari penggunaan relay:

- Dapat switch AC dan DC, transistor hanya switch DC
- Relay dapat switch tegangan tinggi, transistor tidak dapat
- Relay pilihan yang tepat untuk switching arus yang besar
- Relay dapat switch banyak kontak dalam 1 waktu

Kekurangan dari penggunaan relay:

- Relay ukurannya jauh lebih besar dari pada transistor
- Relay tidak dapat switch dengan cepat
- Relay butuh daya lebih besar dibandingkan transistor
- Relay memutuhkan arus input yang besar

2.6 Lampu Pijar

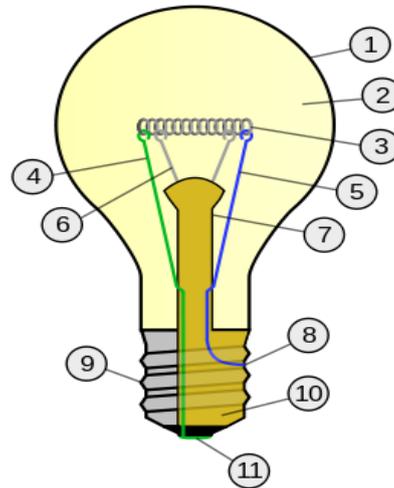
Lampu adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan melalui penyaluran arus listrik melalui filamen yang kemudian memanaskan dan menghasilkan cahaya. Kaca yang menyelubungi filamen panas tersebut menghalangi udara untuk berhubungan dengannya sehingga filamen tidak akan langsung rusak akibat teroksidasi.

Lampu pijar dipasarkan dalam berbagai macam bentuk dan tersedia untuk tegangan (voltase) kerja yang bervariasi dari mulai 1,25 volt hingga 300 volt. Energi listrik yang diperlukan lampu pijar untuk menghasilkan cahaya yang terang lebih besar dibandingkan dengan sumber cahaya buatan lainnya seperti lampu pendar dan diode cahaya, maka secara bertahap pada beberapa negara peredaran lampu pijar mulai dibatasi. Tetapi lampu ini juga memiliki keuntungan yaitu pada usia pakainya yang jauh lebih panjang dibandingkan dengan lampu jenis lainnya.



Komponen utama dari lampu pijar adalah bola lampu yang terbuat dari kaca, filamen yang terbuat dari wolfram, dasar lampu yang terdiri dari filamen, bola lampu, gas pengisi, dan kaki lampu.

1. Bola lampu
2. Gas pengisi
3. Filamen wolfram
4. Kawat penghubung ke kaki
5. Kawat penghubung ke ulir
6. Kawat penyangga
7. Kaca penyangga
8. Kontak listrik di ulir
9. Sekrup ulir
10. Isolator
11. Kontak listrik di kaki tengah



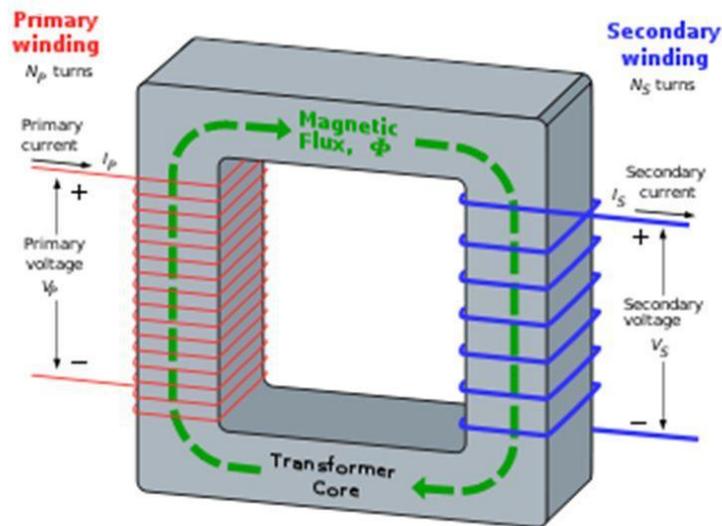
Gambar 2.9 Konstruksi Lampu Pijar

2.7 Trafo Ukur Tegangan¹¹

Trafo merupakan peralatan statis dimana rangkaian magnetik dan belitan yang terdiri dari 2 atau lebih belitan, secara induksi elektromagnetik, mentransformasikan daya (arus dan tegangan) sistem AC ke sistem AC tetapi dalam besaran variable yang berbeda tetapi pada nilai frekuensi yang tetap sama.

Trafo tegangan adalah trafo satu fasa step-down yang mentransformasi tegangan tinggi atau tegangan menengah ke suatu tegangan rendah yang layak untuk perlengkapan indikator, alat ukur, relay, dan alat sinkronisasi. Hal ini dilakukan atas pertimbangan harga dan bahaya yang dapat ditimbulkan jika instrument tersebut langsung dihubungkan ke tegangan tinggi. Perlengkapan seperti indikator, alat ukur, dan relay dirancang sama dengan tegangan terminal sekunder trafo ukur tegangan.

¹¹ PT PLN PERSERO. 2014. *Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga*. Jakarta Selatan: PT PLN. Hal: 1



Gambar 2.10 Prinsip Kerja Trafo Ukur

Arus AC yang mengalir pada belitan primer membangkitkan fluks magnetik yang mengalir melalui inti besi yang terdapat diantara dua buah belitan, fluks magnet tersebut menginduksi belitan sekunder sehingga pada ujung belitan sekunder akan terdapat beda potensial / tegangan induksi dengan besaran tegangan yang lebih kecil dari tegangan primer, besaran tegangan di sekunder akan berbanding lurus terhadap perubahan tegangan di primer

2.8 Kapasitor¹²

Kapasitor adalah komponen kelistrikan yang dibuat sedemikian rupa sehingga mampu menyimpan muatan listrik yang besar untuk sementara waktu. Lambang dari kapasitor adalah dua garis yang parallel dan tegak lurus dengan sambungan kabel seperti pada gambar 2.13. Lambang ini menunjukkan bahwa kapasitor pada dasarnya dibentuk oleh dua plat logam yang terpisah oleh isolator.

¹² <http://www.nulis-ilmu.com/2015/06/jenis-jenis-kapasitor-dan-resistor.html> : Diakses Pada 15 Februari 2017 23:30 WIB



Gambar 2.11 Simbol Kapasitor

2.8.1 Kapasitansi

Kapasitansi adalah ukuran jumlah muatan listrik yang disimpan (atau dipisahkan) untuk sebuah listrik potensial yang telah ditentukan. Bentuk paling umum dari penyimpanan muatan adalah kapasitor yang terdiri dari dua lempeng plat logam. Ketika belum ada muatan pada plat logam, diantara plat logam belum terdapat medan listrik, maka belum juga terdapat tegangan diantara kedua plat logam tersebut. Karena belum terdapat tegangan pada kedua plat logam, jelas belum terdapat tegangan diantara kedua kaki kaki kapasitor tersebut. Jika kapasitor ini dihubungkan dengan suatu rangkaian, maka akan ada arus yang mengalir. Tetapi karena diantara kedua plat logam tersebut terpasang sebuah isolator, arus tidak akan melewati isolator tersebut, sehingga muatan hanya akan bergerak sampai ke plat logam saja. Disanalah muatan berkumpul, berarti pada plat logam akan ada semakin banyak muatan.

Karena ada muatan pada plat logam, maka timbulah medan listrik diantara plat logam, sehingga akan ada tegangan diantara kedua plat logam. Karena ada tegangan antara dua plat logam, berarti ada tegangan antara kedua kaki sambungan kapasitor tersebut.

$$C = \frac{Q}{V}$$

Dimana:

C: Kapasitansi (Farad)

Q: Muatan (Coulomb)

V: Tegangan (Volt)



2.8.2 Jenis Kapasitor

a) Menurut Polaritasnya

1. Kapasitor Polar

Kapasitor polar adalah kapasitor yang memiliki polaritas yaitu kutub (+) dan kutub (-), dalam pemasangannya harus diperhatikan polaritasnya dan tidak boleh terbalik. Pada bodi kapasitor juga terdapat tanda polaritasnya untuk memberikan tanda (+) dan (-)



Gambar 2.12 Kapasitor Polar

2. Kapasitor Non polar

Kapasitor non polar merupakan kapasitor yang pada kedua kutubnya tidak terdapat polaritas artinya pada kedua kutub tersebut boleh dipasang sembarangan tanpa memperhatikan polaritasnya. Biasanya kapasitor jenis ini memiliki jumlah muatan yang kecil.



Gambar 2.13 Kapasitor Non Polar



b) Menurut Bahan Dielektrik

1. Kapasitor Keramik

Kapasitor keramik adalah kapasitor dengan menggunakan bahan keramik sebagai bahan pemisah kedua platnya, kapasitor ini banyak digunakan pada aplikasi untuk frekuensi tinggi seperti pada pemancar dan penerima radio. Kapasitor ini memiliki besaran antara 1pF (piko farad) – 1nF (nano farad),



Gambar 2.14 Kapasitor Keramik

2. Kapasitor Polyester

Kapasitor polyester banyak dipakai pada peralatan Audio, kapasitor ini memiliki bahan polyester sebagai pemisah diantara kedua lempengannya. Kapasitor ini umumnya memiliki bentuk pipih persegi dan biasanya dijumpai pada ukuran 1nF – 1uF

3. Kapasitor Elektrolit

Kapasitor ini memiliki bahan pemisah antara kedua plat logamnya berupa cairan elektrolit. Bentuk kapasitor ini umumnya bulat panjang silinder, kapasitor ini tergolong dalam kapasitor polar sehingga dalam pemasangannya tidak boleh terbalik, kapasitor ini umumnya dijumpai dalam ukuran 1uF sampai 1F. Biasanya kapasitor ini diaplikasikan pada rangkaian penyearah untuk menghilangkan ripple pada tegangan DC.



c) Menurut Ketetapan Nilainya

1. Kapasitor Tetap

Kapasitor ini memiliki nilai tahanan yang tetap dan tidak dapat berubah, tetapi memiliki nilai toleransi tertentu sehingga dapat saja berubah sesuai dengan persentase toleransinya.



Gambar 2.15 Kapasitor Nilai Tetap

2. Kapasitor Variabel

Kapasitor variable adalah kapasitor yang nilai kapasitansinya dapat diatur atau diubah dengan cara mengatur besar penampang plat logam dari kapasitor tersebut. Kapasitor ini biasanya digunakan pada peralatan pemancar dan penerimaan radio.



Gambar 2.16 Kapasitor Variabel



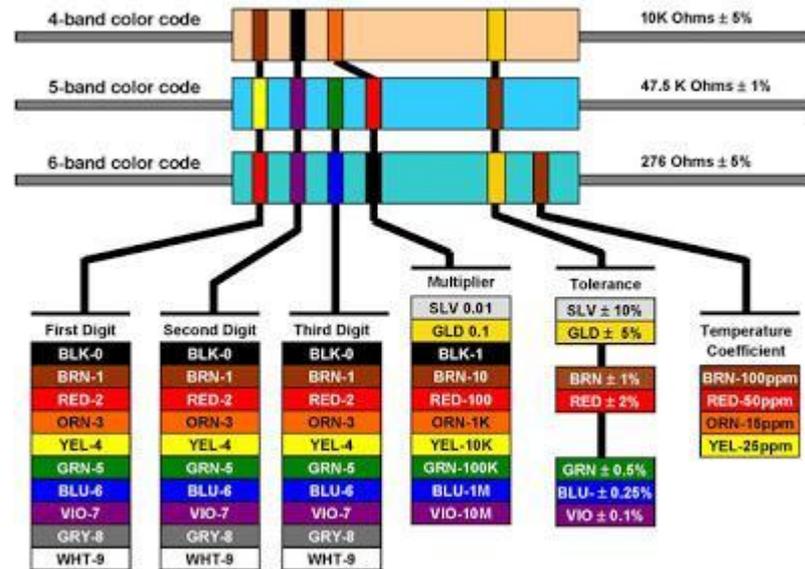
2.9 Resistor¹³

Resistor adalah komponen elektronika pasif yang memiliki nilai resistansi atau hambatan tertentu. Nilai resistansi atau hambatan tersebut berfungsi untuk membatasi serta mengatur arus listrik yang mengalir dalam suatu rangkaian elektronika. Pada umumnya, bentuk resistor yang sering kita jumpai di pasaran adalah bulat panjang dengan beberapa lingkaran warna. Resistor dapat disingkat dengan huruf “R”, dan memiliki satuan “Ohm”. Kata Ohm sendiri diambil dari nama penemunya yakni Georg Simon Ohm yang merupakan seorang fisikawan hebat asal Jerman. Komponen resistor sendiri terbuat dari bahan isolator, sehingga mampu menghambat arus listrik. Komponen yang satu ini bekerja berdasarkan hukum Ohm, di mana nilai tegangan terhadap resistansi sebuah resistor berbanding lurus dengan arus listrik yang mengalir di dalam rangkaian elektronika.

2.9.1 Nilai dan Toleransi Resistor

Nilai resistor dapat dibaca dengan gelang warna yang terdapat pada resistor tersebut, dimana setiap warna memiliki nilai tersendiri. Toleransi resistor merupakan perubahan nilai resistansi dari nilai yang tercantum pada badan resistor yang masih diperbolehkan dan dinyatakan resistor dalam kondisi baik. Toleransi resistor merupakan salah satu perubahan karakteristik resistor yang terjadi akibat operasional resistor tersebut. Nilai toleransi resistor ini ada beberapa macam yaitu resistor dengan toleransi kerusakan 1% (resistor 1%), resistor dengan toleransi kesalahan 2% (resistor 2%), resistor dengan toleransi kesalahan 5% (resistor 5%) dan resistor dengan toleransi 10% (resistor 10%). Nilai toleransi resistor ini selalu dicantumkan di kemasan resistor dengan kode warna maupun kode huruf.

¹³ *ibid*



Gambar 2.17 Gelang Warna Resistor

2.9.3 Jenis Resistor

1. Resistor Nilai Tetap

Resistor tetap atau yang juga biasa disebut dengan fixed resistor adalah jenis resistor yang nilai tahanan atau hambatannya tetap dan tidak bisa diubah-ubah lagi. Fixed resistor terbagi menjadi tiga macam berdasarkan komposisi bahannya, yakni resistor komposisi karbon, resistor film karbon, dan juga resistor film logam.



Gambar 2.18 Resistor Nilai Tetap



2. Resistor Nilai Variabel

Resistor variabel adalah jenis resistor yang nilai hambatannya atau resistensinya dapat berubah. Ada beberapa macam resistor yang tergolong jenis resistor variabel diantaranya adalah potensiometer, rheostat, dan juga preset resistor alias trimpot. Biasanya nilai resistansi dari resistor tersebut dapat diatur secara manual. Resistor ini memiliki 2 sifat yaitu linier dan logaritmik yang mana huruf A trimpot linier dan huruf B trimpot logaritmik.



Gambar 2.19 Resistor Variabel