

BAB II

LANDASAN TEORI

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini diperlukan beberapa teori penunjang yang nantinya digunakan sebagai dasar atau acuan dalam pembuatan sistem, maupun teori dasar yang melandasi permasalahan dan penyelesaiannya dalam Tugas Akhir ini. Berikut ini adalah beberapa teori penunjang tersebut.

2.1 Tinjauan Pustaka

Laporan tugas akhir yang berjudul “*Rancang Bangun Mesin Pencetak Bakso*”. Laporan tersebut berisi tentang merencanakan mesin pencetak bakso dengan spesifikasi mesin yaitu dengan data primer yang digunakan adalah kapasitas adonan bakso 2 kg/menit, besar diameter bakso 25 mm dan hasil cetakan 200 butir/menit. Hasil yang diperoleh dari perancangan ini adalah daya motor penggerak pada mesin pencetak bakso sebesar 0,608 kW. Alat pemotongan menggunakan plat berlubang sebagai pisau dan bak penampungan atau corong terbuat dari plat *stainless steel* dengan ukuran lebar 40 mm dan tinggi 60 mm. Rangka mesin menggunakan besi siku ukuran (40 x 40 x 2) mm dan sambungan rangka dengan las listrik. Hasil uji alat diperoleh produksi maksimum mesin pencetak 195 butir/menit.^[1]

Laporan tugas akhir yang berjudul “*Rancang Bangun Mesin Pencetak Bakso*”. Laporan tersebut berisi tentang membuat rancang bangun mesin pencetak bakso dengan metode dalam pembuatan mesin ini adalah *interview*, *observasi*, dan studi pustaka, perencanaan, pembuatan, pengujian dan terakhir proses *finishing*.

Dari perancangan yang dilakukan, dihasilkan suatu mesin pencetak bakso dengan spesifikasi sebagai berikut. Kapasitas maksimal corong adonan adalah 5 Kg^[2]

2.2 Dasar Teori

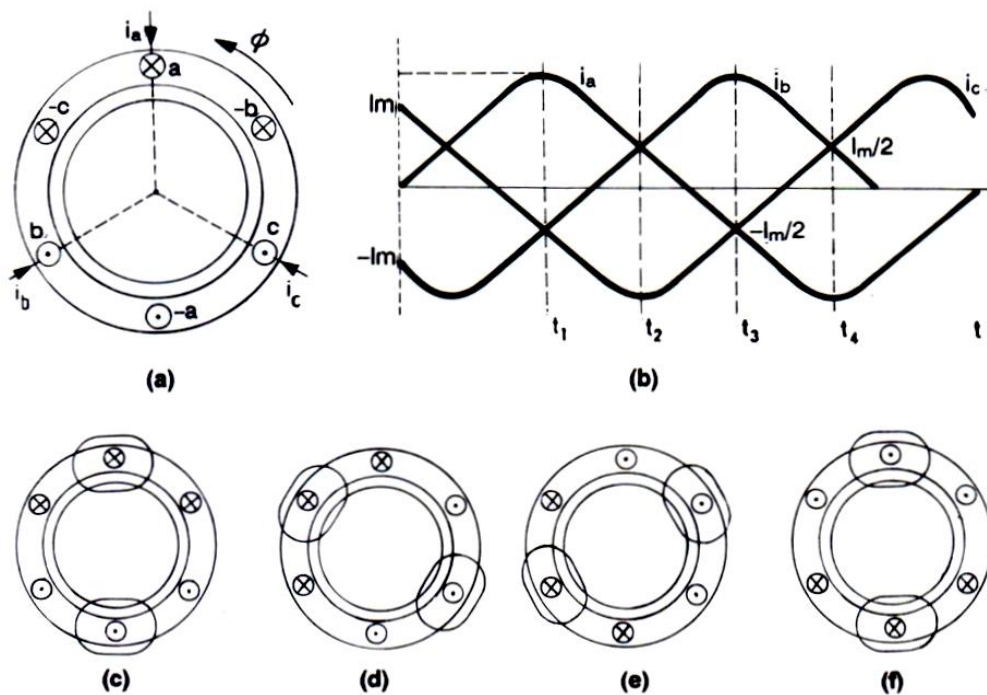
2.2.1 Motor Induksi

Penamaan motor induksi berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relative antara kecepatan rotasi rotor dan kecepatan rotasi medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.

Kumparan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tiga fasa akan medan magnet berotasi dengan kecepatan rotasi sinkron $\left(n_s = \frac{12f}{2p} \right)$. Medan magnet putar pada stator tersebut akan memotong penghantar-penghantar pada rotor, sehingga terinduksi arus dan sesuai dengan Hukum *Lenz* rotor pun akan turut berputar mengikuti medan magnet putar stator. Perbedaan kecepatan rotasi relative antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban akan memperbesar torsi beban motor, sehingga memperbesar arus induksi pada rotor, dan slip antara medan magnet putar stator dan putaran rotor juga akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun. Dikenal dua tipe motor induksi (lihat gambar 2.1) yaitu motor induksi dengan rotor kumparan dan motor induksi dengan rotor sangkar.

2.2.1.1 Medan Magnet Putar

Perputaran motor pada mesin arus bolak-balik ditimbulkan oleh adanya medan magnet putar (fluks yang berputar) yang dihalikan dalam kumparan statornya. Medan magnet putar ini terjadi apabila kumparan stator dihubungkan dalam fasa banyak, umumnya fasa tiga. Hubungan dapat berupa hubungan bintang atau delta. Gambar menjelaskan bagaimana terjadinya medan putar.



Gambar 2.1 Terjadinya Medan Putar^[3]

Misalnya kumparan a-a; b-b; c-c dihubungkan tiga fasa, dengan beda fasa masing-masing 120° (gambar 2.1 a) dan dialiri arus sinusoid. Distribusi i_a , i_b , i_c sebagai fungsi waktu adalah seperti pada gambar 2.1 b. pada keadaan t_1 , t_2 , t_3 , dan t_4 fluks resultan yang ditimbulkan oleh kumparan tersebut masing-masing adalah seperti gambar 2.1 c. pada t_1 fluks resultan mempunyai arah sama dengan arah fluks yang dihasilkan oleh kumparan a-a; sedangkan pada t_2 , fluks resultannya dihasilkan

oleh kumparan b-b. untuk t_4 , fluks resultannya berlawanan arah dengan fluks resultan yang dihasilkan pada saat t_1 . Dari gambar 2.1 f terlihat bahwa fluks resultan ini akan berputar satu kali. Oleh karena itu, untuk motor dengan jumlah kutub lebih dari dua, kecepatan rotasi sinkron dapat diturunkan sebagai berikut :

$$n_s = \frac{120f}{p}$$

Dimana : f = frekuensi

p = jumlah kutub

2.2.1.2 Prinsip Kerja Motor Induksi

Secara umum, motor listrik berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang berupa tenaga putar. Di dalam motor DC, energi listrik diambil langsung dari kumparan stator dengan melalui sikat dan komutator, oleh karena itu motor DC disebut motor konduksi. Lain halnya pada motor AC; pada motor AC, kumparan rotor tidak menerima energi listrik langsung, tetapi secara induksi seperti yang terjadi pada energi kumparan sekunder transformator. Oleh karena itu, motor AC dikenal dengan motor induksi. Sebenarnya motor induksi dapat diidentikkan dengan transformator yang kumparan primer sebagai kumparan stator atau armature, sedangkan kumparan sekunder sebagai kumparan rotor. Ada beberapa prinsip kerja dari motor induksi diantaranya :

1. Apabila sumber tegangan tiga fasa diterapkan pada kumparan stator akan timbul medan magnet putar dengan kecepatan $n_s = \frac{120f}{p}$

2. Medan magnet putar stator tersebut akan memotong batang penghantar pada rotor.
3. Akibatnya pada kumparan rotor timbul tegangan induksi (ggl) sebesar : $E_{2s} = 4,44 \cdot f_2 \cdot N_2 \cdot \phi_m$ (untuk satuan fasa).
4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian rangkaian yang tertutup, maka ggl (E) akan menghasilkan arus (I).
5. Adanya arus (I) di dalam medan magnet menimbulkan gaya (F) pada rotor.
6. Bila torsi mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor yang cukup besar untuk memikul torsi beban, rotor akan berputar searah dengan medan magnet putar stator.
7. Agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan rotasi medan magnet putar stator (n_s) dengan kecepatan rotasi rotor (n_r).
8. Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s disebut slip (S) dinyatakan dengan

$$S = \frac{(n_s - n_r)}{n_s \times 100\%}$$
9. Bila $n_r = n_s$ tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar rotor dengan demikian tidak dihasilkan torsi. Torsi motor akan ditimbulkan apabila n_r lebih kecil dari n_s .
10. Dilihat dari cara kerjanya motor induksi disebut juga torsi motor tak serempak atau asinkron.

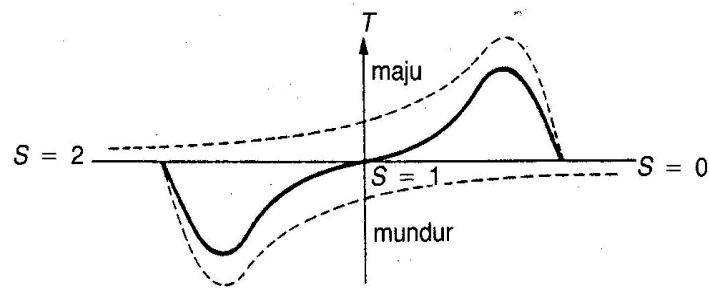
2.2.1.3 Motor Induksi Satu Fasa

Motor induksi satu fasa banyak digunakan untuk keperluan motor kecil di dalam rumah tangga karena bentuknya yang sederhana dan harganya yang relatif murah.

Struktur motor induksi fasa tunggal sama dengan motor induksi tiga fasa jenis rotor sangkar, kecuali kumparan statornya yang hanya terdiri atas satu fasa. Seperti telah diketahui kumparan stator satu fasa bila dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik akan menghasilkan suatu medan magnet yang berputar terhadap ruang. Medan putar inilah yang pada dasarnya menjadi prinsip motor induksi. Motor induksi fasa tunggal tidak menghasilkan medan putar.

Sumber tegangan bolak-balik yang sinusoid menghasilkan fluks yang sinusoid pula. Fluks yang sinusoid ini hanya menghasilkan fluks (medan) pulsasi saja dan bukan fluks yang berputar terhadap ruang.

Dengan demikian sebenarnya fluks yang dihasilkan oleh kumparan fasa tunggal merupakan fluks dengan dua komponen, yaitu komponen fluks arah maju dan komponen fluks arah mundur. Kedua komponen fluks tersebut bergerak berlawanan arah dengan kecepatan sudut (ωt) yang sama, sehingga kedudukannya terhadap ruang seolah-olah tetap. Kedua komponen fluks yang berlawanan arah tersebut tentunya akan menghasilkan kopel yang sama besar dan berlawanan arah pula (arah maju dan mundur) seperti terlihat pada gambar 2.2

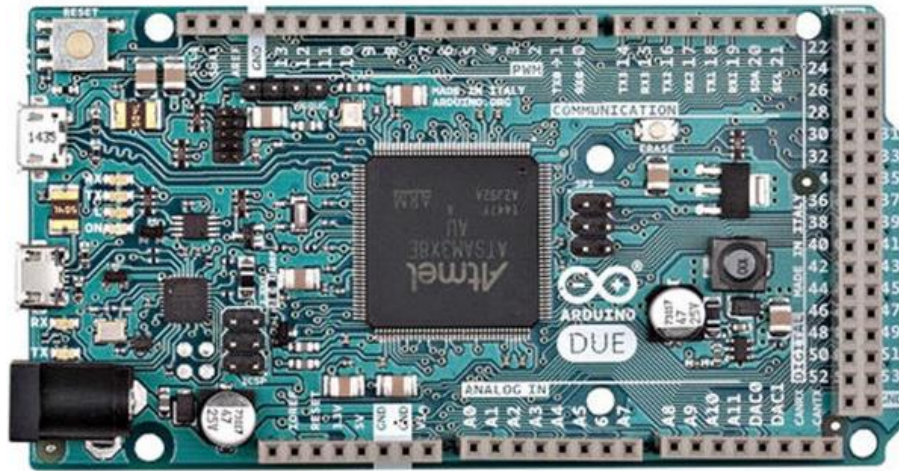


Gambar 2.2 Kopel Maju dan Mundur^[3]

Kopel resultan yang dihasilkan oleh kedua komponen kopel tersebut pada dasarnya mempunyai kemampuan untuk menggerakkan rotor dengan arah maju atau mundur. Tetapi pada keadaan start kemampuan motor untuk maju sama besar dengan kemampuan gerak mundurnya. Oleh sebab itu motor tetap saja diam. Apabila dengan suatu alat bantu kita dapat memberikan sedikit kopel maju, motor akan berputar mengikuti kopel resultan maju seperti pada gambar 2.2 dan demikian pula sebaliknya^[3]

2.2.2 Arduino DUE

Arduino *Due* adalah Arduino pertama yang berbasis pada mikrokontroler ARM inti 32-bit. Dengan 54 pin *input / output* digital, 12 *input* analog, ini adalah papan yang sempurna untuk proyek Arduino skala besar yang lebih besar.



Gambar 2.3. *Arduino Due*^[4]

Arduino Due adalah papan mikrokontroler yang berbasis pada CPU Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3. *Arduino Due* adalah papan Arduino pertama yang berbasis pada mikrokontroler ARM inti 32-bit yang memiliki 54 pin *input / output* digital (12 di antaranya dapat digunakan sebagai *output* PWM), 12 *input* analog, 4 UART (port serial perangkat keras), 84 MHz perjam, mampu koneksi USB OTG, 2 DAC (digital to analog) , 2 TWI, colokan listrik, header SPI, header JTAG, tombol reset dan tombol hapus^[4].

Papan *Arduino Due* berjalan pada tegangan 3.3V. Tegangan maksimum yang dapat ditoleransi I / O pin adalah 3.3V. Menerapkan voltase yang lebih tinggi dari 3.3V ke pin I / O manapun dapat merusak board. Board berisi segala sesuatu yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler, cukup hubungkan ke komputer dengan kabel micro-USB atau nyalakan dengan adaptor AC-ke-DC atau baterai untuk memulai. *Arduino Due* kompatibel dengan semua perisai Arduino yang

bekerja di 3.3V dan sesuai dengan pin-out Arduino 1.0. Arduino *Due* mengikuti

1.0 pinout:

1. TWI : pin SDA dan SCL yang berada di dekat pin AREF.
2. IOREF : memungkinkan perisai terlampir dengan konfigurasi yang tepat untuk menyesuaikan voltase yang disediakan oleh papan. Hal ini memungkinkan kompatibilitas perisai dengan papan 3.3V seperti papan berbasis *Due* dan AVR yang beroperasi pada 5V.
3. Pin yang tidak terhubung, disediakan untuk penggunaan masa depan.^[4]

Tabel 2.1 Tabel Spesifikasi Arduino *Due* ^[4]

Nama / Terukur	Seri / Ukuran
Mikrokontroler	AT91SAM3X8E
<i>Operating Voltage</i>	3.3 V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12 V
<i>Input Voltage (limits)</i>	6-16 V
Digital I/O Pins	54 (of which 12 provide PWM output)
Analog <i>Input</i> Pins	12
Analog <i>Output</i> Pins	2 (DAC)
Total <i>DC Output Current on all I/O lines</i>	130 mA

<i>DC Current for 3.3 V Pin</i>	800 mA
<i>DC Current for 5V Pin</i>	800 mA
<i>Flash Memory</i>	512 KB all available for the user applications
SRAM	96 KB (two banks : 64 KB dan 32 KB)
<i>Clock Speed</i>	84 MHz
<i>Length</i>	101.52 mm
<i>Width</i>	53.3 mm
<i>Weight</i>	36 g

2.2.2.1 Supply Arduino Due

Arduino *Due* dapat ditenagai melalui konektor USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Daya eksternal (non-USB) bisa datang baik dari adaptor AC-ke-DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan memasang steker positif pusat 2.1mm ke soket daya board. Memimpin dari baterai dapat dimasukkan ke dalam header pin Gnd dan Vin pada konektor *POWER*. Papan dapat beroperasi pada suplai eksternal 6 sampai 20 volt. Jika dipasok dengan kurang dari 7V, pin 5V dapat memasok kurang dari lima volt dan board mungkin tidak stabil. Jika menggunakan lebih dari 12V, regulator tegangan

mungkin terlalu panas dan merusak board. Kisaran yang disarankan adalah 7 sampai 12 volt. Pin daya adalah sebagai berikut:

1. Pin Vin. Tegangan masukan ke papan Arduino saat menggunakan sumber daya eksternal (berlawanan dengan 5 volt dari koneksi USB atau sumber listrik yang diatur lainnya). *Supply* voltase bisa melalui pin ini, atau jika *supply* voltase melalui colokan listrik, bisa melalui pin ini.
2. Pin 5V. Pin ini mengeluarkan 5V yang diatur dari regulator di papan tulis. Papan dapat di-*supply* dengan daya dari colokan listrik DC (7 - 12V), konektor USB (5V), atau pin VIN papan (7-12V). Menyediakan tegangan melalui pin 5V atau 3.3V *bypasses* regulator, dapat merusak *board*.
3. Pin 3,3V. Pasokan 3,3 volt yang dihasilkan oleh regulator *on-board*. Hasil maksimum saat ini adalah 800 mA. Regulator ini juga menyediakan *power supply* ke mikrokontroler SAM3X .
4. Pin GND. Pin tanah.
5. Pin IOREF. Pin ini pada papan Arduino memberikan referensi tegangan dimana mikrokontroler beroperasi. Perisai yang dikonfigurasi dengan benar dapat membaca voltase pin IOREF dan memilih sumber listrik yang sesuai atau mengaktifkan penerjemah voltase pada keluaran untuk bekerja dengan 5V atau 3.3V. ^[4]

2.2.2.2 Memori Penyimpanan Arduino Due

SAM3X memiliki 512 KB (2 blok 256 KB) memori flash untuk menyimpan kode. *Bootloader* dipasarkan di pabrik dari Atmel dan disimpan dalam memori ROM khusus. SRAM yang tersedia adalah 96 KB di dua bank

bersebelahan yaitu 64 KB dan 32 KB. Semua memori yang tersedia (Flash, RAM dan ROM) dapat diakses langsung sebagai ruang pengalamatan datar. Anda bisa menghapus memori Flash dari SAM3X dengan tombol penghapus *on-board*. Ini akan menghapus sketsa yang saat ini dimuat dari MCU. Untuk menghapus, tekan dan tahan tombol *Erase* selama beberapa detik saat papan dinyalakan.

2.2.2.3 Pin Input Output

1. Digital I / O: pin dari 0 sampai 53.
2. Masing-masing dari 54 pin digital pada *Due* dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, dengan menggunakan fungsi `pinMode ()`, `digitalWrite ()`, dan `digitalRead ()`. Mereka beroperasi pada 3,3 volt. Setiap pin dapat menyediakan (sumber) arus 3 mA atau 15 mA, tergantung pada pin, atau menerima (sink) arus 6 mA atau 9 mA, tergantung pada pinnya. Mereka juga memiliki resistor pull-up internal (terputus secara default) dari 100 KOhm. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

Serial: 0 (RX) dan 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) dan 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) dan 16 (TX)
3. Serial 3: 15 (RX) dan 14 (TX) Digunakan untuk menerima (RX) dan mentransmisikan (TX) data serial TTL (dengan tingkat 3,3 V). Pin 0 dan 1 dihubungkan ke pin pin ATmega16U2 USB-to-TTL Serial yang sesuai.
4. PWM: Pin 2 sampai 13 Menyediakan *output* PWM 8 bit dengan fungsi `analogWrite ()`. Resolusi PWM dapat diubah dengan fungsi `analogWriteResolution ()`.

5. SPI: *header* SPI (*header* ICSP di papan Arduino lainnya) Pin ini mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan perpustakaan SPI. Pin SPI dipecahkan pada header 6-pin tengah, yang secara fisik kompatibel dengan Uno, Leonardo dan Mega2560. Header SPI hanya bisa digunakan untuk berkomunikasi dengan perangkat SPI lainnya, bukan untuk memprogram SAM3X dengan teknik *In-Circuit-Serial-Programming*. SPI dari *Due* juga memiliki fitur lanjutan yang dapat digunakan dengan metode *Extended SPI* untuk *Due*.
6. CAN: CANRX dan CANTX Pin ini mendukung protokol komunikasi CAN namun belum didukung oleh API Arduino.
7. LED "L": 13 Ada LED built-in yang terhubung ke pin digital 13. Bila pinnya TINGGI, LED menyala, bila pinnya RENDAH, tidak menyala. Hal ini juga memungkinkan untuk meredupkan lampu LED karena pin digital 13 juga merupakan *output* PWM.
8. TWI 1: 20 (SDA) dan 21 (SCL)
9. TWI 2: SDA1 dan SCL1. Dukung komunikasi TWI menggunakan pustaka Wire. SDA1 dan SCL1 dapat dikontrol dengan menggunakan kelas Wire1 yang disediakan oleh perpustakaan Wire. Sementara SDA dan SCL memiliki resistor *pullup* internal, SDA1 dan SCL1 tidak. Menambahkan dua resistor *pullup* pada garis SDA1 dan SCL1 diperlukan untuk menggunakan Wire1.
10. *Input* Analog: pin dari A0 ke A11 The *Due* memiliki 12 *input* analog, masing-masing dapat memberikan resolusi 12 bit (yaitu 4096 nilai yang berbeda). Secara default, resolusi bacaan diatur pada 10 bit, untuk

kompatibilitas dengan papan Arduino lainnya. Hal ini dimungkinkan untuk mengubah resolusi ADC dengan analog *Read Resolution* (). Pin *input* analog *Due* mengukur dari ground ke nilai maksimum 3.3V. Menerapkan lebih dari 3.3V pada pin *Due* akan merusak chip SAM3X. Fungsi analog *Reference* () diabaikan pada *Due*.

11. Pin AREF terhubung ke pin referensi analog SAM3X melalui jembatan resistor. Untuk menggunakan pin AREF, resistor BR1 harus disolder dari PCB.
12. DAC1 dan DAC2 Pin ini memberikan *output* analog yang benar dengan resolusi 12-bit (level 4096) dengan fungsi *thealogalog* (). Pin ini bisa digunakan untuk membuat *output* audio menggunakan pustaka *Audio*. Keluaran DAC sebenarnya dari 0,55 V sampai 2,75 V saja. Pin lainnya di papan tulis:
13. AREF Reference voltage untuk *input* analog. Digunakan dengan analog *Reference* ().
14. Reset Bawah baris ini RENDAH untuk me-reset mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset ke shields yang menghalangi yang ada di papan

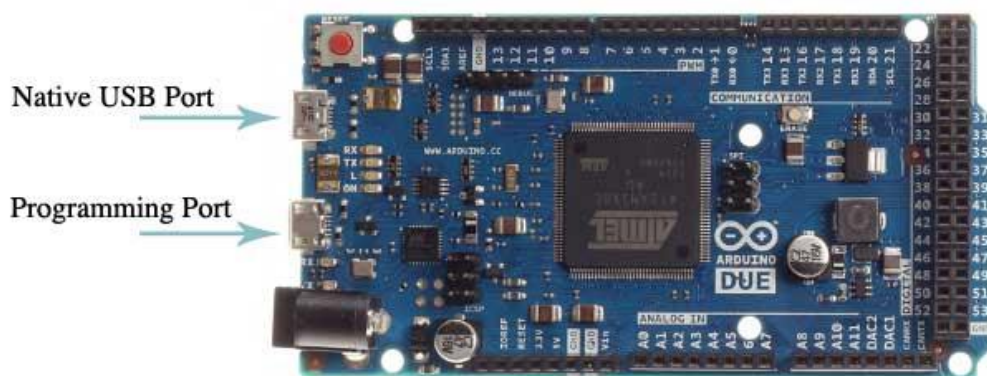
2.2.2.4 Komunikasi Arduino Due

Arduino *Due* memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain atau mikrokontroler lainnya, dan berbagai perangkat seperti telepon, tablet, kamera dan sebagainya. SAM3X menyediakan satu perangkat keras UART dan tiga perangkat keras USART untuk komunikasi serial

TTL (3.3V). Port Pemrograman terhubung ke ATmega16U2, yang menyediakan port COM virtual ke perangkat lunak pada komputer yang terhubung (Untuk mengenali perangkat ini, mesin Windows memerlukan file .inf, namun mesin OSX dan Linux akan mengenali papan sebagai port COM secara otomatis). 16U2 juga terhubung ke perangkat UART SAM3X. Serial pada pin RX0 dan TX0 menyediakan komunikasi Serial-to-USB untuk memprogram board melalui mikrokontroler ATmega16U2. Perangkat lunak Arduino mencakup monitor serial yang memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan tulis. LED RX dan TX di papan akan berkedip saat data dikirimkan melalui chip ATmega16U2 dan koneksi USB ke komputer (tapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1). Port USB asli terhubung ke SAM3X. Hal ini memungkinkan untuk komunikasi serial (CDC) melalui USB. Ini menyediakan koneksi serial ke Serial Monitor atau aplikasi lain di komputer Anda. Ini juga memungkinkan *Due* untuk meniru mouse atau keyboard USB ke komputer yang terpasang. Untuk menggunakan fitur ini, lihat halaman referensi perpustakaan Mouse and Keyboard. Port USB Asli juga dapat bertindak sebagai host USB untuk periferal yang terhubung seperti mouse, keyboard, dan ponsel cerdas. Untuk menggunakan fitur ini, lihat halaman referensi USB Host. SAM3X juga mendukung komunikasi TWI dan SPI. Perangkat lunak Arduino mencakup perpustakaan Wire untuk mempermudah penggunaan bus TWI; lihat dokumentasi untuk rinciannya. Untuk komunikasi SPI, gunakanlah perpustakaan SPI^[4].

2.2.2.5 Pemrograman Arduino Due

Arduino Due bisa diprogram dengan Arduino Software (IDE). Untuk detailnya, lihat di sana dan tutorialnya. Mengunggah sketsa ke SAM3X berbeda dari mikrokontroler AVR yang ditemukan di papan Arduino lainnya karena memori flash perlu dihapus sebelum diprogram ulang. *Upload* ke chip ini dikelola oleh ROM pada SAM3X, yang dijalankan hanya saat memori flash chip kosong.



Gambar 2.4. USB Port Arduino Due^[4]

Salah satu port USB dapat digunakan untuk memprogram *board*, meskipun disarankan untuk menggunakan port Pemrograman karena cara penghapusan chip ditangani:

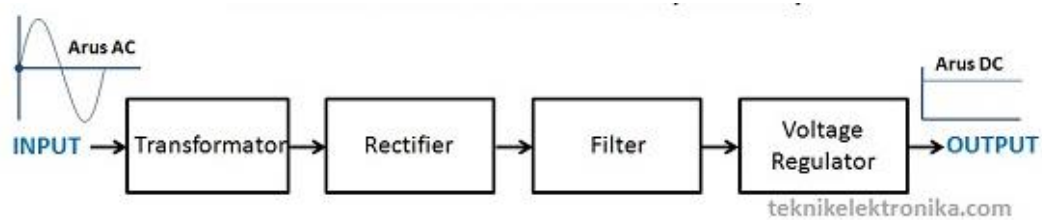
1. Pemrograman port: Untuk menggunakan port ini, pilih "Arduino Due (*Programming Port*)" sebagai forum Anda di Arduino IDE. Hubungkan port pemrograman Due (yang paling dekat dengan colokan listrik DC) ke komputer Anda. Port pemrograman menggunakan 16U2 sebagai chip USB-to-serial yang terhubung ke UART pertama dari SAM3X (RX0 dan TX0). 16U2 memiliki dua pin yang terhubung ke pin Reset dan Erase dari SAM3X.

Membuka dan menutup port Pemrograman yang terhubung pada 1200bps memicu prosedur "hard delete" dari chip SAM3X, mengaktifkan pin Erase and Reset pada SAM3X sebelum berkomunikasi dengan UART. Ini adalah port yang disarankan untuk memprogram *Due*. Ini lebih dapat diandalkan daripada "soft delete" yang terjadi pada port Native, dan seharusnya bekerja bahkan jika MCU utama telah jatuh.

2. Port asli atau *Native Port* : Untuk menggunakan port ini, pilih "Arduino *Due* (Native USB Port)" sebagai board Anda di Arduino IDE. Port USB asli terhubung langsung ke SAM3X. Hubungkan port USB Asli milik *Due* (yang paling dekat dengan tombol reset) ke komputer Anda. Membuka dan menutup port Native pada 1200bps memicu prosedur '*soft erase*': memori flash terhapus dan board di-restart dengan bootloader. Jika MCU jatuh karena suatu alasan, kemungkinan besar prosedur penghapusan lunak tidak akan bekerja karena prosedur ini sepenuhnya terjadi pada perangkat lunak pada SAM3X. Membuka dan menutup port asli pada baudrate yang berbeda tidak akan mengatur ulang SAM3X.
3. Tidak seperti papan Arduino lainnya yang menggunakan avrdude untuk diunggah, *Due* bergantung pada kode sumber firmware bosac. The ATmega16U2 tersedia di gudang Arduino. Anda bisa menggunakan header ISP dengan programmer eksternal (menimpa DFU bootloader). Lihat tutorial yang berkontribusi pengguna ini untuk informasi lebih lanjut.^[4]

2.2.3 Power supply

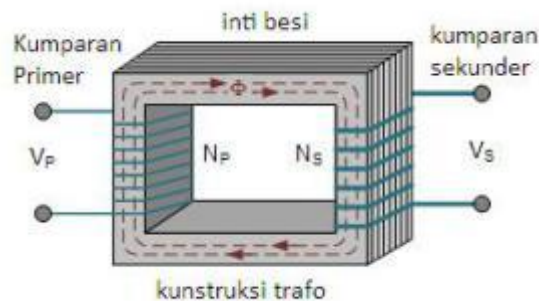
Peralatan elektronika yang kita gunakan sekarang ini sebagian besar membutuhkan arus DC dengan tegangan yang lebih rendah untuk pengoperasiannya. Oleh karena itu, hampir setiap peralatan Elektronika memiliki sebuah rangkaian yang berfungsi untuk melakukan konversi arus listrik dari arus AC menjadi arus DC dan juga untuk menyediakan tegangan yang sesuai dengan rangkaian Elektronika-nya. Rangkaian yang mengubah arus listrik AC menjadi DC ini disebut dengan DC *Power supply* atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Catu daya DC. DC *Power supply* atau Catu Daya ini juga sering dikenal dengan nama “Adaptor”.



Gambar 2.5 Blok Diagram DC *Power supply*^[5]

Sebuah DC *Power supply* atau Adaptor pada dasarnya memiliki 4 bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Keempat bagian utama tersebut diantaranya adalah Transformer, *Rectifier*, *Filter* dan *Voltage Regulator*.^[5]

2.2.3.1 Transformator *Step Down*



Gambar 2.6 Bagian Inti Trafo^[6]

Transformator (trafo) adalah alat yang digunakan untuk menaikkan atau menurunkan tegangan bolak-balik (AC). Transformator terdiri dari 3 komponen pokok yaitu: kumparan pertama (primer) yang bertindak sebagai *input*, kumparan kedua (sekunder) yang bertindak sebagai *output*, dan inti besi yang berfungsi untuk memperkuat medan magnet yang dihasilkan.

Prinsip kerja dari sebuah transformator adalah sebagai berikut. Ketika Kumparan primer dihubungkan dengan sumber tegangan bolak-balik, perubahan arus listrik pada kumparan primer menimbulkan medan magnet yang berubah. Medan magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi dan dihantarkan inti besi ke kumparan sekunder, sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul ggl induksi. Efek ini dinamakan induktansi timbal-balik (*mutual inductance*).

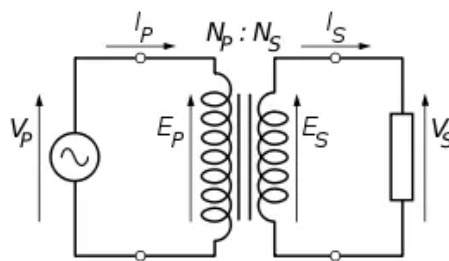
Ketika arus listrik dari sumber tegangan yang mengalir pada kumparan primer berbalik arah (berubah polaritasnya) medan magnet yang dihasilkan akan

berubah arah sehingga arus listrik yang dihasilkan pada kumparan sekunder akan berubah polaritasnya.

Transformator *Step Down* yaitu transformator yang mengubah tegangan bolak-balik tinggi menjadi rendah, transformator ini mempunyai jumlah lilitan kumparan primer lebih banyak daripada jumlah lilitan sekunder ($N_p > N_s$).^[6]

Rumus Perbandingan Trafo

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$



Gambar 2.7 Dasar Rangkaian Trafo

V_p = tegangan pada kumparan primer (volt)

V_s = tegangan pada kumparan sekunder (volt)

I_p = arus pada kumparan primer (A)

I_s = arus pada kumparan sekunder (A)

N_p = banyak lilitan primer

N_s = banyak lilitan sekunder

Rumus Efisiensi Trafo

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \text{ atau } \eta = \frac{P_s}{P_p} \times 100\%$$

η = efisiensi transformator (%)

P_s = daya pada kumparan sekunder (W)

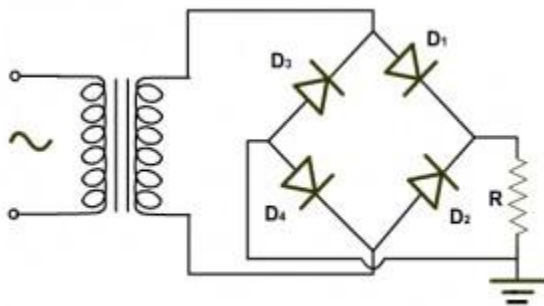
P_p = daya pada kumparan primer (W)

I_s = arus pada kumparan sekunder (A)

I_p = arus pada kumparan primer (A)

2.2.3.2 Rectifier Penyearah Gelombang Penuh

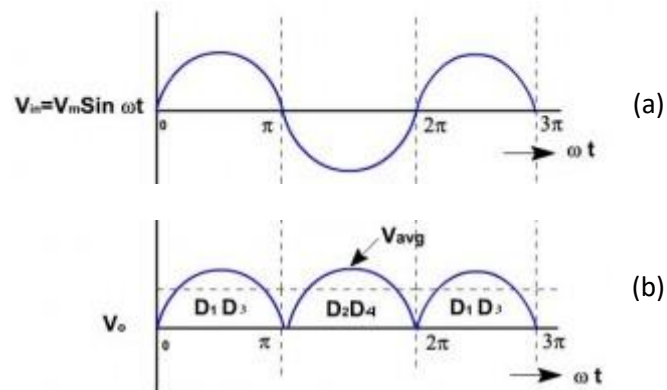
Penyearah gelombang penuh dapat dibuat dengan 2 macam yaitu, menggunakan 4 diode dan 2 diode. Untuk membuat penyearah gelombang penuh dengan 4 diode menggunakan transformator non-CT seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2.8 Full Wave Rectifier 4 Bridge^[7]

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

Kemudian pada saat *output* transformator memberikan level tegangan sisi puncak negatif maka D2, D4 pada posisi forward bias dan D1, D2 pada posisi reverse bias sehingga level tegangan sisi negatif tersebut dialirkan melalui D2, D4. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik *output* berikut.^[7]

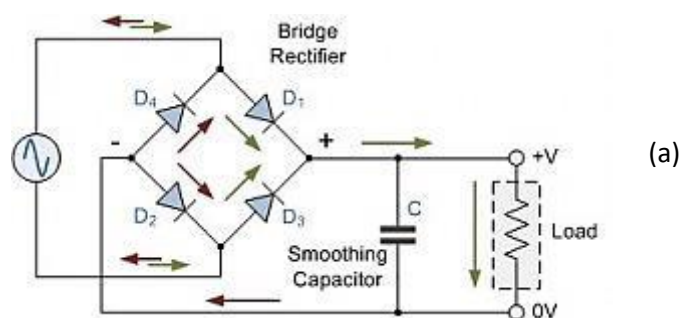


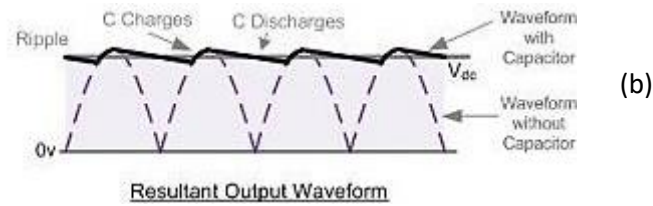
Gambar 2.9 Full Wave Rectifier Output^[7]

(a) Sebelum Dioda; (b) Setelah Dioda

2.2.3.3 Filter

Agar tegangan penyearahan gelombang AC lebih rata dan menjadi tegangan DC maka dipasang *filter* kapasitor pada bagian *output* rangkaian penyearah seperti terlihat pada gambar berikut.





Gambar 2.10 Full Wave Rectifier Bridge Filter^[8]

(a) Rangkaian; (b) Output

Fungsi kapasitor pada rangkaian diatas untuk menekan ripple yang terjadi dari proses penyearahan gelombang AC. Setelah dipasang *filter* kapasitor maka *output* dari rangkaian penyearah gelombang penuh ini akan menjadi tegangan DC (*Direct Current*) yang dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$V_{dc} = \frac{2V_{max}}{\pi}$$

Kemudian untuk nilai ripple tegangan yang ada dapat dirumuskan sebagai berikut :^[8]

$$V_{Ripple} = \frac{I_{Load}}{fC}$$

2.2.3.4 IC Fix Voltage Regulator

Regulator tegangan adalah bagian *power supply* yang berfungsi untuk memberikan stabilitas *output* pada suatu *power supply*. *Output* tegangan DC dari penyearah tanpa regulator mempunyai kecenderungan berubah harganya saat dioperasikan. Adanya perubahan pada masukan AC dan variasi beban merupakan penyebab utama terjadinya ketidakstabilan pada *power supply*. Pada sebagian peralatan elektronika, terjadinya perubahan catu daya akan berakibat cukup serius. Untuk mendapatkan pencatu daya yang stabil diperlukan regulator tegangan.

Regulator tegangan untuk suatu *power supply* paling sederhana adalah menggunakan dioda zener, tetapi ada juga yang menggunakan IC Regulator.

Salah satu IC regulator yaitu *Fixed Voltage Regulator*. *Fixed Voltage Regulator* adalah jenis IC regulator tetap atau pengatur tegangan tetap. Batas *output* tegangan yang dihasilkan oleh IC nilainya tetap. Contoh IC 7805 memiliki batas nilai *output* 5 volt dan tidak bisa diubah-ubah lagi.

Fixed Voltage Regulator dibedakan menjadi dua jenis yakni *Positive Voltage Regulator* dan *Negative Voltage Regulator*. Contoh dari *Positive Voltage Regulator* adalah IC 78xx. Nilai yang ada di belakang tipe IC atau nilai xx menunjukkan batas nilai tegangan IC tersebut. Misal 7805 punya batas nilai 5 volt, 7809 punya batas 9 volt, dan 7812 punya batas 12 volt.

Sedangkan contoh *Negative Voltage Regulator* adalah IC tipe 79xx seperti 7905 dan 7912. Sebenarnya *Positive Voltage Regulator* dan *Negative Voltage Regulator* punya fungsi sama. Yang membedakan antara dua jenis IC *fixed* regulator tersebut hanyalah polaritas yang ada pada tegangan *outputnya*.^[9]

2.2.4 Relay

Penemu relay pertama kali adalah **Joseph Henry** pada tahun 1835. Dalam pemakaiannya biasanya relay yang digerakkan dengan arus DC dilengkapi dengan sebuah dioda yang diparalel dengan lilitannya dan dipasang terbalik yaitu anoda pada tegangan (-) dan katoda pada tegangan (+). Ini bertujuan untuk mengantisipasi sentakan listrik yang terjadi pada saat *relay* berganti posisi dari *on* ke *off* agar tidak merusak komponen di sekitarnya.

Relay adalah suatu peranti yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan sejumlah kontaktor yang tersusun atau sebuah saklar elektronis yang dapat dikendalikan dari rangkaian elektronik lainnya dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Kontaktor akan tertutup (menyala) atau terbuka (mati) karena efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan (induktor) ketika dialiri arus listrik. Berbeda dengan saklar, pergerakan kontaktor (*on* atau *off*) dilakukan manual tanpa perlu arus listrik.

Relay yang paling sederhana ialah *relay* elektromekanis yang memberikan pergerakan mekanis saat mendapatkan energi listrik. Secara sederhana relay elektromekanis ini didefinisikan sebagai berikut:

1. Alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup atau membuka kontak saklar.
2. Saklar yang digerakkan secara mekanis oleh daya atau energi listrik.

Sebagai komponen elektronika, relay mempunyai peran penting dalam sebuah sistem rangkaian elektronika dan rangkaian listrik untuk menggerakkan sebuah perangkat yang memerlukan arus besar tanpa terhubung langsung dengan perangkat pengendali yang mempunyai arus kecil. Dengan demikian relay dapat berfungsi sebagai pengaman. Berikut adalah bentuk dan simbol *relay*



Gambar 2.11 Bentuk dan Simbol *Relay*^[10]

Relay yang digunakan adalah jenis SPDT(*Single Pole Double Throw*) yaitu jenis *relay* yang memiliki lima terminal, yaitu dua terminal kumparan atau koil dan tiga terminal saklar (A,B, dan C) yang dapat terhubung dan terputus dengan satu terminal pusat. Jika suatu saat terminal (misal A) terputus dengan terminal pusat (C) maka terminal lain (B) terhubung dengan terminal pusat tersebut (C), demikian juga sebaliknya.

2.2.4.1 Prinsip Kerja Relay

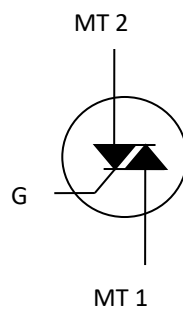
1. Pada dasarnya relay memiliki 4 komponen utama yaitu:
 - a. Elektromagnet (Coil)
 - b. *Armature*
 - c. *Switch Contact Point* (Saklar)
 - d. *Spring*
2. Kontak Poin (*Contact Point*) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :
 - a. *Normally Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada diposisi *CLOSE* (tertutup)
 - b. *Normally Open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada diposisi *OPEN* (terbuka)

Prinsip kerja sebuah *relay* yaitu sebuah besi (*Iron Core*) yang dililit oleh sebuah kumparan *Coil* yang berfungsi untuk mengendalikan besi tersebut. Apabila Kumparan *Coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya elektromagnet yang kemudian menarik *Armature* untuk berpindah dari posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi saklar yang dapat menghantarkan arus listrik

diposisi barunya (NO). Posisi dimana *Armature* tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi *OPEN* atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, *Armature* akan kembali lagi ke posisi Awal (NC). Coil yang digunakan oleh *Relay* untuk menarik *Contact Poin* ke posisi *Close* pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.^[10]

2.2.5 Triac

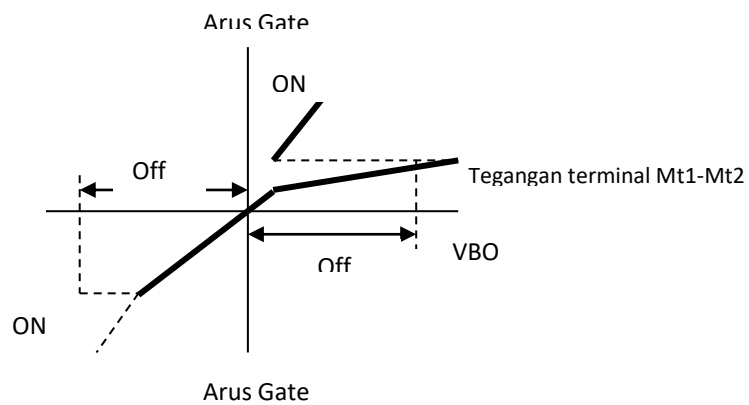
Triac merupakan komponen yang memiliki tiga elektroda yaitu: MT1, MT2, dan gate. Triac biasanya digunakan pada rangkaian pengendali, pensaklaran, dan rangkaian picu (*triger*). Oleh karena aplikasi triac yang demikian luas, maka komponen triac biasanya mempunyai dimensi yang besar dan mampu diaplikasikan pada tegangan 100V sampai dengan 800V dengan arus beban dari 0,5A



Gambar 2.12. *Simbol Triac*^[11]

Jika terminal MT1 dan MT2 diberi tegangan jala-jala PLN dan gate dalam kondisi menyambung maka tidak ada arus yang dilewatkan oleh triac sampai pada tegangan *break over* triac tercapai. Kondisi ini dinamakan Off triac. Apabila gate diberi arus positif atau negatif maka tegangan *break over* ini akan turun. Semakin besar nilai arus yang masuk ke gate maka semakin rendah pula tegangan *break*

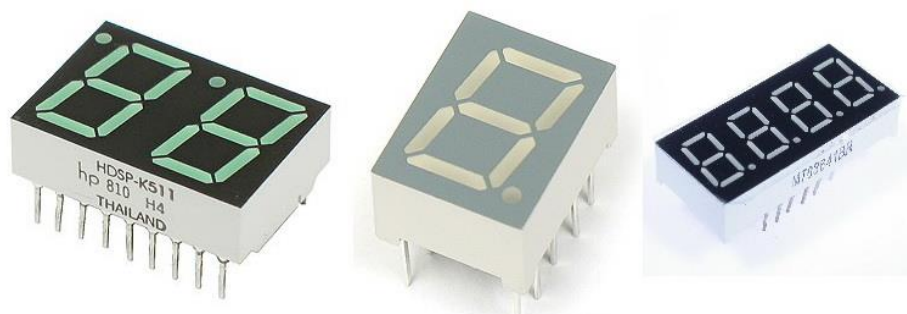
overnya. Kondisi ini dinamakan kondisi On triac. Apabila triac sudah On maka triac dalam kondisi On selama tegangan pada MT1 dan MT2 diatas nol volt. Apabila tegangan MT1 dan MT2 sudah mencapai nol volt, maka kondisi kerja triac akan berubah dari On ke Off. Apabila triac sudah menjadi Off kembali, triac akan selamanya Off sampai ada arus trigger ke gate dan tegangan MT1 dan MT2 melebihi tegangan brek overnya.^[11]



Gambar 2.13. Daerah kerja Triac ^[11]

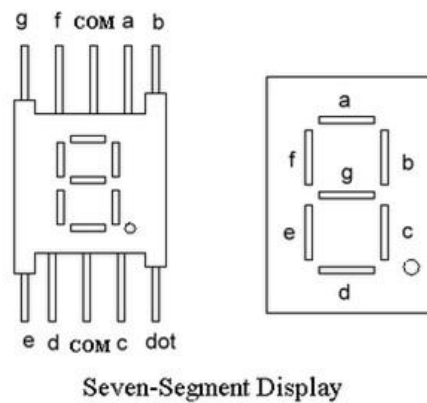
2.2.6 Seven Segment 1 Inchi (2,5 cm)

2.2.6.1 Pengertian Seven Segmen



Gambar 2.14. Seven-Segment 1 inchi (2,5 cm)^[12]

Seven segment adalah suatu segmen-segmen yang digunakan untuk menampilkan angka / bilangan decimal. Seven segment ini terdiri dari 7 batang LED yang disusun membentuk angka 8 dengan menggunakan huruf a-f yang disebut DOT MATRIKS. Setiap segment ini terdiri dari 1 atau 2 LED (Light Emitting Dioda).



Gambar 2.15. *Display Seven-Segment*^[12]

Seven segment dapat menampilkan angka-angka desimal dan beberapa karakter tertentu melalui kombinasi aktif atau tidaknya LED penyusunan dalam seven segment. Untuk mempermudah pengguna seven segment, umumnya digunakan sebuah decoder atau sebuah seven segment driver yang akan mengatur aktif atau tidaknya led-led dalam seven segment sesuai dengan inputan biner yang diberikan.

Piranti tampilan modern disusun sebagai pola 7 segmen atau dot matriks. Jenis 7 segmen sebagaimana namanya, menggunakan pola tujuh batang led yang disusun membentuk angka 8 seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas. Huruf-huruf yang diperlihatkan dalam gambar tersebut ditetapkan untuk menandai segmen-segmen tersebut. Dengan menyalakan beberapa segmen yang sesuai, akan

dapat diperagakan digit-digit dari 0 sampai 9, dan juga bentuk huruf A sampai F (dimodifikasi).

Sinyal input dari switches tidak dapat langsung dikirimkan ke peraga 7 segmen, sehingga harus menggunakan decoder BCD (Binary Code Decimal) ke 7 segmen sebagai antar muka. Decoder ini terdiri dari gerbang-gerbang logika yang masukannya berupa digit BCD dan keluarannya berupa saluran-saluran untuk mengemudikan tampilan 7 segmen.^[12]

2.2.6.2 Prinsip Kerja Seven Segmen

Prinsip kerja dari seven segment ini adalah inpuan bilangan biner pada switch dikonversi masuk kedalam decoder, baru kemudian decoder mengkonversi bilangan biner tersebut ke dalam bilangan desimal, yang mana bilangan desimal ini akan ditampilkan pada layar seven segment. Fungsi dari decoder sendiri adalah sebagai pengkonversi bilangan biner ke dalam bilangan decimal.

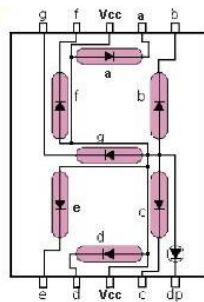
Seven segment dapat menampilkan angka-angka desimal dan beberapa karakter tertentu melalui kombinasi aktif atau tidaknya LED penyusunan dalam seven segment . Untuk memudahkan penggunaan seven segment, umumnya digunakan sebuah dekoder (mengubah/mengkonversi input bilangan primer menjadi decimal) atau seven segment driver yang akan mengatur aktif tidaknya led-led dalam seven segment sesuai dengan nilai biner yang diberikan.

Dekoder BCD ke seven segment digunakan untuk menerima masukan BCD 4-bit dan memberikan keluaran yang melewati arus melalui segmen untuk menampilkan angka decimal. Jenis dekoder BCD ke seven segment ada dua macam yaitu dekoder yang berfungsi untuk menyalakan seven segment mode

common anoda dan dekoder yang berfungsi untuk menyalakan seven segment mode common katoda. Ada dua jenis common pada display seven segmen yaitu common Anoda dan common Katoda, namun rangkaian ini menggunakan seven segmen common Anoda.

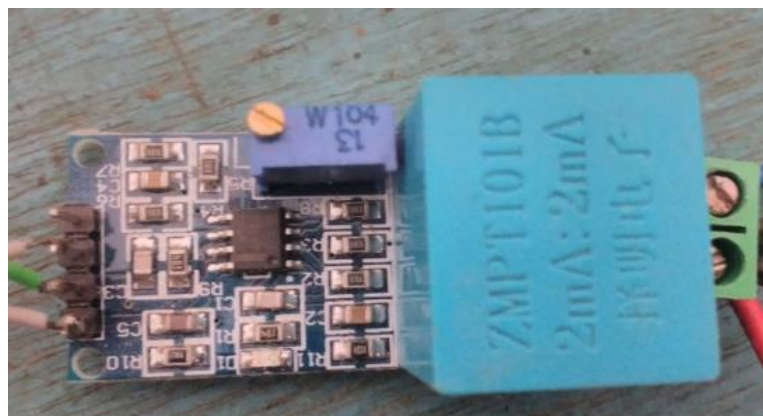
2.2.6.3 Common Anoda

Common Anoda merupakan pin yang terhubung dengan semua kaki anoda LED dalam seven segmen. Common anoda diberi tegangan VCC dan seven segmen dengan common anoda akan aktif pada saat diberi logika rendah (0) atau sering disebut *aktif low*. Kaki katoda dengan label a sampai h sebagai pin aktifasi yang menentukan nyala LED^[12]



Gambar 2.16. Skematik Internal Segmen Display *common Anoda*^[12]

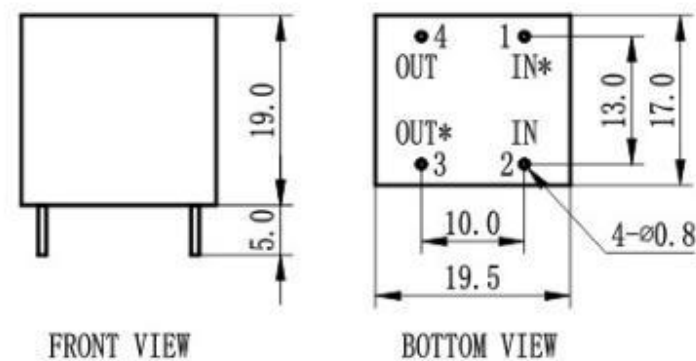
2.2.7 Sensor Tegangan ZMPT101B



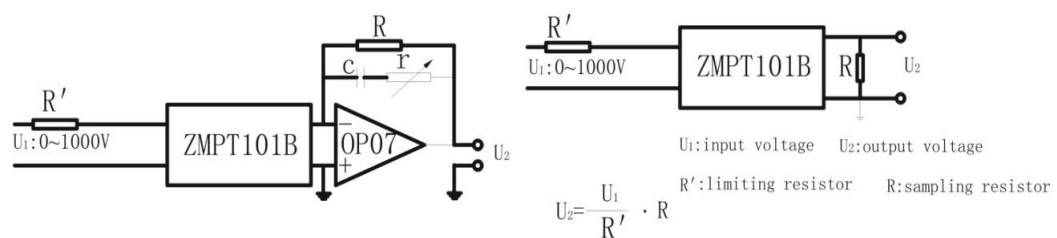
Gambar 2.17 Sensor Tegangan ZMPT101B^[13]

ZMPT101B Ultra Micro Voltage Transformer ukuran kecil, akurasi tinggi, konsistensi yang baik, untuk tegangan dan pengukuran daya. Merupakan sebuah instrumen yang dapat mengukur tegangan DC atau AC dalam bentuk angka diskrit. Untuk mendapatkan nilai tegangan AC, penulis menggunakan sensor tegangan dengan tipe Single Phase ZMPT101B. Sensor tegangan tersebut merupakan sensor untuk pengukuran tegangan AC satu fasa dengan batas arus yang dapat diukur adalah sebesar 20 A. Aplikasi :

- Sensor arus lebih
- Ground fault detection
- Pengukuran
- Analog to digital circuit



Gambar 2.18. Dimensi ZMPT101B^[13]



Gambar 2.19. Skematik ZMPT101B^[13]

Tabel 2.2 Spesifikasi Elektrik^[13]

Spesifikasi Elektrik	
Arus Primer	2 mA
Arus Sekunder	2 mA
Rasio Balik	1000:1000
Eror sudut fasa	$\leq 20^\circ$ (50 Ω)
Jarak arus	0 – 3mA
Linearitas	0.1 %
Tingkat akurasi	0.2
Range frekuensi	50 – 60 Hz
Level dielektrik	3000VAC/min
Resistansi DC 20°C	110 Ω
<i>Environment Specification</i>	
Temperatur penyimpanan	-40°C-+130°C
Resistansi insulasi	>100 M Ω

Tabel 2.4 Spesifikasi Mekanik^[13]

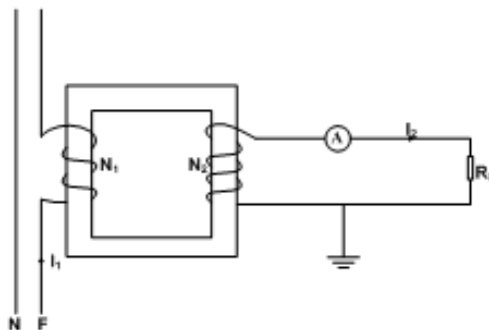
Spesifikasi Mekanik	
<i>Cup</i>	PBT
<i>Encapsulant</i>	Epoxy
Terminal	Pin Φ 0.80 mm
Toleransi	± 0.2 mm
Berat	13 g
<i>Case</i>	Karton

2.2.8 Sensor Arus N25



Gambar 2.20. Sensor Arus AC N25^[14]

Pada kali ini penulis menggunakan sensor arus AC N25. Sensor arus digunakan untuk menyensor arus yang menuju beban (misalnya: 0-5 Amper) diubah menjadi tegangan 0-5 Volt. Karena sensor arus ini digunakan untuk menyensor arus yang menuju beban, maka lilitannya dirancang untuk dihubungkan secara seri dengan saluran seperti dalam Gambar 2.16. Oleh sebab itu impedansi lilitan primer perlu dibuat serendah mungkin dengan menggunakan beberapa lilitan kawat bertahanan rendah yang mampu membawa arus saluran yang nilainya tertentu. Perbandingan arus primer dan sekunder adalah berbanding terbalik dengan perbandingan jumlah lilitan primer dan sekunder.^[14]



Gambar 2.21. Rangkaian Sensor Arus^[14]

2.2.9 Pengkondisi Sinyal

Untuk menjalankan sistem dengan tipe sinyal yang berbeda-beda, sistem perlu ditambahkan rangkaian pengkondisi sinyal agar seluruh sistem dapat bekerja dengan tipe sinyal yang berbeda-beda. Untuk mensinkronkan sinyal keluaran sensor agar dapat diproses oleh mikrokontroler (Arduino DUE), pengkondisi sinyal sensor Arus N25 menggunakan *Operational Amplifier (op-amp)* yang sudah tersedia dalam satu paket modul sensor tersebut, begitu juga pengkondisi sinyal sensor tegangan ZMPT-101b menggunakan *Operational Amplifier (op-amp)*.^[15]

2.2.9.1 *Operational Amplifier (op-amp)*

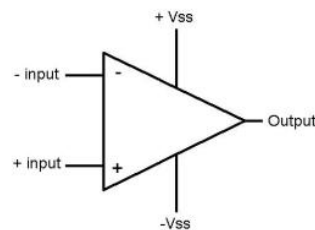
Op-amp adalah singkatan dari operasional amplifier merupakan salah satu komponen analog yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi rangkaian elektronika. IC OP-AMP adalah piranti solid-state yang mampu mengindra dan memperkuat sinyal, baik sinyal DC maupun sinyal AC. Adapun aplikasi OP-AMP yang paling sering digunakan adalah:

- Rangkaian inverting
- Non inverting
- Integrator
- Differensiator

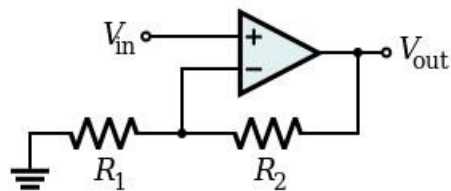
Fungsi op-amp adalah sebagai penguat dan pengindra sinyal masukan baik DC maupun AC juga sebagai penguat differensiasi impedansi masukan tinggi, penguat keluaran impedansi rendah. Op-amp banyak digunakan dalam perangkat elektronik sebagai penguat sensor, mengeraskan suara, menguatkan sinyal, dan mengintegrasikan sinyal.

2.2.9.2 Operational Amplifier (*op-amp*) Non Inverting

Op-Amp *Non-Inverting Amplifier* adalah rangkaian Op-Amp yang bekerja sebagai penguat-tegangan pada tegangan-input-positif (V^+). Pada rangkaian ini hasil penguatan yang ada di tegangan-output Op-Amp akan sefase (0°) dari tegangan-input-nya, atau dengan kata lain, jika input berupa tegangan positif, maka output akan berupa tegangan positif pula, dan begitupun pada tegangan input negatif. ^[15]



Gambar 2.22 Pin-pin Op-Amp^[15]

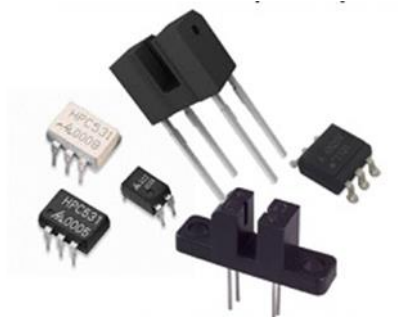


Gambar 2.23 Rangkaian Op-Amp *Non-Inverting Amplifier*^[15]

2.2.10 Optocoupler

Dalam dunia elektronika, *optocoupler* juga dikenal dengan sebutan *opto-isolator*, *photocoupler* atau *optical isolator*. *Optocoupler* adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai penghubung berdasarkan cahaya optik. Pada dasarnya *optocoupler* terdiri dari 2 bagian utama yaitu *Transmitter* yang berfungsi sebagai pengirim cahaya optik dan *Receiver* yang berfungsi sebagai pendeteksi sumber cahaya. Masing-masing bagian *optocoupler* (*Transmitter dan Receiver*)

tidak memiliki hubungan konduktif rangkaian secara langsung tetapi dibuat sedemikian rupa dalam satu kemasan komponen.^[16]



Gambar 2.24 Bentuk-bentuk *Optocoupler*^[16]

Jenis-jenis *optocoupler* yang sering ditemukan adalah *optocoupler* yang terbuat dari bahan semikonduktor dan terdiri dari kombinasi LED (*Light Emitting Diode*) dan *photodiode*. Dalam Kombinasi ini, LED berfungsi sebagai pengirim sinyal cahaya optik (*Transmitter*) sedangkan *phototransistor* berfungsi sebagai penerima cahaya tersebut (*Receiver*). Jenis-jenis lain dari optocoupler diantaranya adalah kombinasi *LED-Photodiode*, *LED-LASCR* dan juga *Lamp-Photoresistor*.

Pada prinsipnya, optocoupler dengan kombinasi *LED- Photodiode* adalah *optocoupler* yang terdiri dari sebuah komponen *LED (Light Emitting Diode)* yang memancarkan cahaya inframerah (*IR LED*) dan sebuah komponen semikonduktor yang peka terhadap cahaya (*photodiode*) sebagai bagian yang digunakan untuk mendeteksi cahaya inframerah yang dipancarkan oleh *IR LED*. Arus listrik yang mengalir melalui *IR LED* akan menyebabkan *IR LED* memancarkan sinyal cahaya inframerahnya. Intensitas cahaya tergantung pada jumlah arus listrik yang mengalir pada *IR LED* tersebut. Kelebihan cahaya inframerah adalah pada

ketahanannya yang lebih baik jika dibandingkan dengan cahaya yang tampak. cahaya inframerah tidak dapat dilihat dengan mata telanjang. Cahaya inframerah yang dipancarkan tersebut akan dideteksi oleh *photodiode* dan menyebabkan terjadinya hubungan atau switch on pada *photodiode*^[16]

2.2.11 *Push Button*



Gambar 2.25 *Push Button*^[17]

Push Button adalah saklar tekan yang berfungsi sebagai pemutus atau penyambung arus listrik dari sumber arus ke beban listrik. Suatu sistem saklar tekan *push button* terdiri dari saklar tekan *start*, *stop reset* dan saklar tekan untuk emergency. Push button memiliki kontak NC (*normally close*) dan NO (*normally open*).

Prinsip kerja *Push Button* adalah apabila dalam keadaan normal tidak ditekan maka kontak tidak berubah, apabila ditekan maka kontak NC akan berfungsi sebagai *stop* (memberhentikan) dan kontak NO akan berfungsi sebagai *start* (menjalankan) biasanya digunakan pada sistem pengontrolan motor – motor induksi untuk menjalankan mematikan motor pada industri – industri. Push button dibedakan menjadi beberapa tipe, yaitu:

a. Tipe *Normally Open (NO)*

NO (*Normally Open*), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya terbuka (aliran arus listrik tidak mengalir). Dan ketika tombol saklar ditekan, kontak yang NO ini akan menjadi menutup (*Close*) dan mengalirkan atau menghubungkan arus listrik. Kontak NO digunakan sebagai penghubung atau menyalakan sistem circuit (*Push Button ON*). Tombol ini disebut juga dengan tombol *start* karena kontak akan menutup bila ditekan dan kembali terbuka bila dilepaskan. Bila tombol ditekan maka kontak bergerak akan menyentuh kontak tetap sehingga arus listrik akan mengalir. Tipe *Normally Close (NC)*

b. Tipe *Normally Close (NC)*

NC (*Normally Close*), merupakan kontak terminal dimana kondisi normalnya tertutup (mengalirkan arus listrik). Dan ketika tombol saklar push button ditekan, kontak NC ini akan menjadi membuka (*Open*), sehingga memutus aliran arus listrik. Kontak NC digunakan sebagai pemutus atau mematikan sistem circuit (*Push Button Off*). Tombol ini disebut juga dengan tombol *stop* karena kontak akan membuka bila ditekan dan kembali tertutup bila dilepaskan. Kontak bergerak akan lepas dari kontak tetap sehingga arus listrik akan terputus.^[17]