

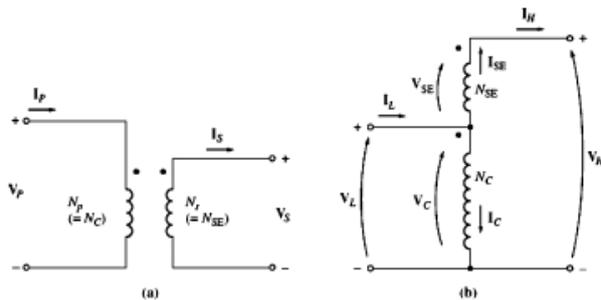
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

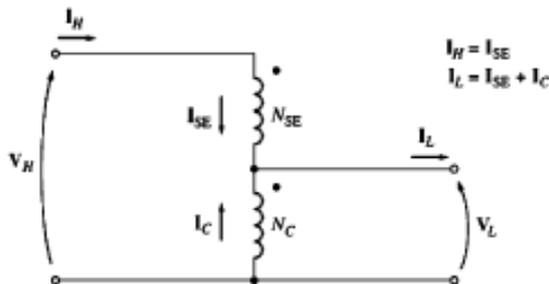
2.1 Autotransformator

Autotransformator merupakan transformator dengan koneksi khusus dimana pada sisi skunder menghasilkan tegangan arus bolak – balik yang bervariasi. Belitan primer dililitkan pada inti dan belitan skunder dililitkan pada besi tap, belitan primer dan skunder terhubung secara fisik. (Sen, 1997, p. 66)

Rangkaian dari autotransformator *step-up* Gambar 2.1, autotransformator *step-down* Gambar 2.2. Tegangan keluaran pada autotransformator *step-up* adalah jumlah dari tegangan pada belitan primer dan tegangan pada belitan skunder. Autotransformator *step-down* tegangan masukan adalah jumlah tegangan pada tegangan skunder dan primer, sedangkan besar tegangan pada keluaran merupakan tegangan pada belitan primer (Chapman, 2005, p. 109).



Gambar 1.1 (a) Belitan Trafo Konvensional, (b) Belitan Autotransformator *Step-Up*
Sumber: Chapman,2005:110

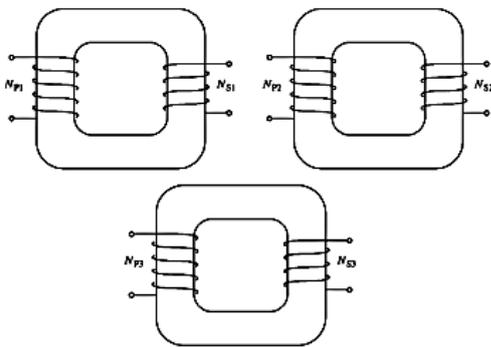


Gambar 1.2 Hubungan Belitan Autotransformator *Step-Down*
Sumber: Chapman, 2005:110

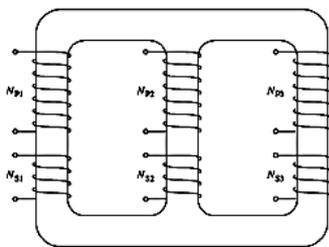
2.2 Transformator dalam Sistem Tiga Fasa

Transformator untuk rangkaian tiga fasa dapat dibangun dengan dua cara. Pertama dengan mengambil tiga fasa tunggal dan menghubungkannya. Kedua dengan menggunakan tiga set belitan yang dililitkan pada inti utama (Sen, 1997, p. 69).

Konstruksi transformator dengan langsung menggunakan tiga fasa mempunyai keuntungan ringan, lebih kecil, lebih murah, dan efisiensi sedikit lebih baik. konstruksi transformator menggunakan tiga fasa tunggal dan dihubungkan memiliki keuntungan setiap unit fasa di transformator bisa diganti secara individual saat terjadi kerusakan pada salah satu fasa (Chapman, 2005, p. 116).



Gambar 1.3 Transformator 3 x 1 Fasa
Sumber: Chapman, 2005:117



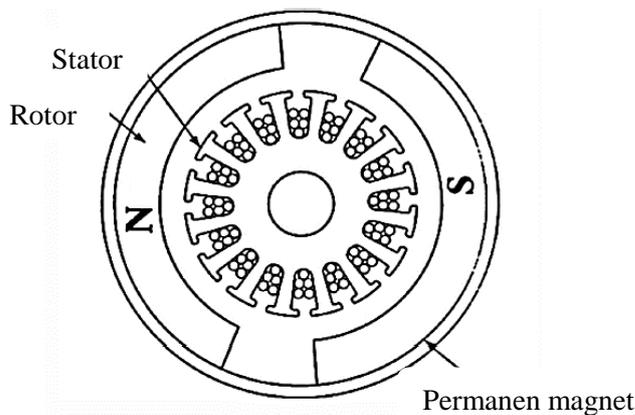
Gambar 1.4 Transformator 1 x 3 Fasa
Sumber: Chapman, 2005:117

Transformator tiga fasa terdiri dari tiga transformator, baik terpisah atau dikombinasikan pada satu inti. Primer dan sekunder dari setiap tiga fasa transformator dapat terhubung baik dalam wye (Y) atau delta (Δ). Total empat koneksi mungkin untuk Transformator tiga fasa Wye - Wye (Y - Y), Wye - Delta (Y - Δ), Delta - Wye (Δ - Y), dan Delta - Delta (Δ - Δ) (Chapman, 2005, p. 118).

2.3 Motor Arus Searah Magnet Permanen

Mesin arus searah merupakan salah satu jenis mesin listrik, dimana mesin ini digunakan untuk mengkonversi energi listrik arus searah menjadi energi mekanik, atau sebaliknya. Ada dua macam, yakni: motor dan generator arus searah.

Salah satu jenis motor arus searah ialah motor arus searah magnet permanen, motor arus searah magnet permanen memiliki struktur stator relatif halus, seperti ditunjukkan pada Gambar.2.5. Kulit terluar terbuat dari bahan magnetik dan magnet permanen. Dengan magnet radial, yang dipasang di pinggiran dalam dari bagian terluar (Sen, 1997, p. 215)



Gambar 1.5 Motor Arus Searah Magnet Permanen
 Sumber : Mahgadi & E.Afjei, 2017:1061

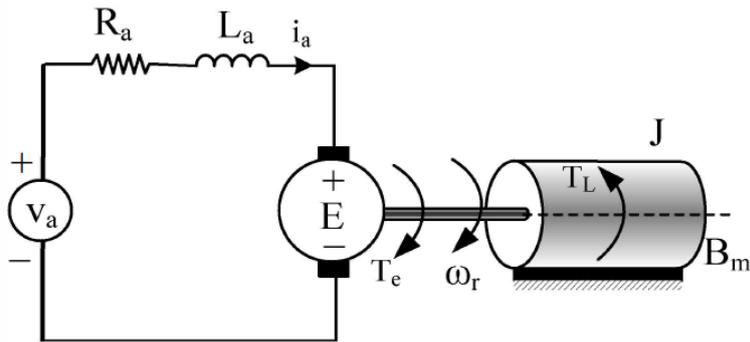
Motor arus searah magnet permanen terdiri dari sebuah belitan jangkar seperti pada motor biasa, tapi tidak selalu terdapat belitan medan. Konstruksi dari motor magnet permanen yang dimagnetisasi secara radial dipasang pada pinggiran bagian dalam inti stator untuk menghasilkan fluks medan. Rotor memiliki jangkar arus searah konvensional dengan bagian komutator dan sikat. Motor arus searah magnet permanen memiliki ϕ selalu konstan, karena konstruksi magnet permanen yang menghasilkan kerapatan fluks tidak bisa diubah sesuai bawaan produksi (N., et al., 2014, p. 33).

Rangkaian ekuivalen motor arus searah permanen magnet, yang sering digunakan untuk penyesuaian kecepatan dan penyesuaian posisi menggunakan metode kontrol tegangan jangkar, ditunjukkan pada Gambar 2.8. dengan persamaan sebagai berikut: (Mahghadi & E.Afjei, 2017, p. 1061)

$$V_a = R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} + E; \quad E = k_v \omega_m \quad (2.3)$$

$$T_e = K_T i_a = J \frac{d\omega_m}{dt} + B_m \omega_r + T_L \quad (2.4)$$

$$T_L = K_v \omega_m \quad (2.5)$$



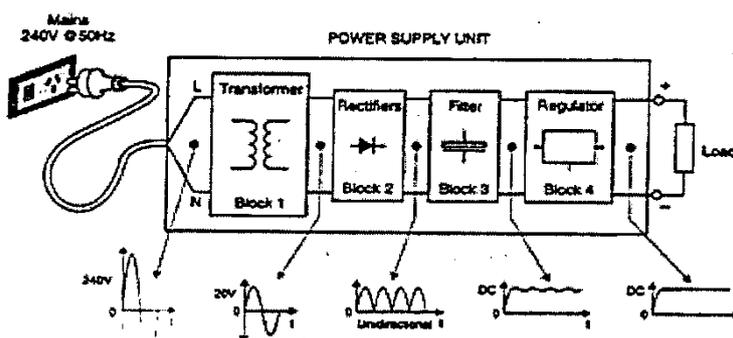
Gambar 1.6 Rangkaian Ekuivalen PMDC
 Sumber : Mahghadi & E.Afjei, 2017:1061

Motor arus searah magnet permanen memiliki beberapa keunggulan. Karena tidak ada belitan luar, kerugian tembaga tidak ada, ini meningkatkan efisiensi. Tidak ada ruang diperlukan untuk belitan luar, akibatnya motor lebih kecil dari motor arus searah kutub menonjol. Biaya rendah dan ukuran yang lebih kecil (Sen, 1997, p. 198)

Motor arus searah magnet permanen memiliki beberapa kelemahan. Resiko demagnetisasi, yang disebabkan oleh arus jangkar berlebihan. Demagnetisasi juga disebabkan oleh pemanasan yang berlebihan, terjadi jika motor kelebihan beban selama periode berkepanjangan (Chapman, 2005, p. 562).

2.4 Catu Daya Arus Searah

Catu daya arus searah menggunakan sumber arus bolak balik dapat dilakukan dengan pertama menurunkan tegangan arus bolak-balik, kedua penyearahan arus, ketiga penyaringan tegangan, keempat penstabilan tegangan. (Suyadi, 2010, p. 93)



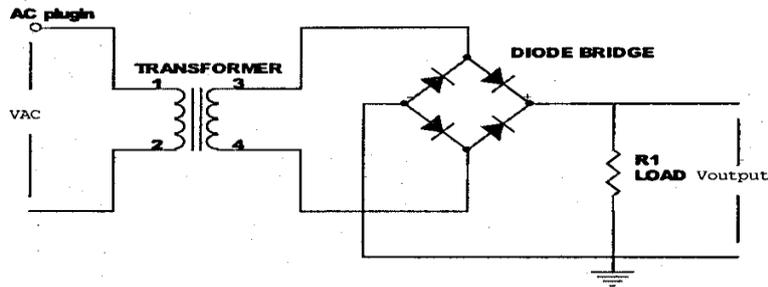
Gambar 1.7 Catu Daya Arus Searah.
 Sumber: Suyadi, 2010:95

1. Penurunan tegangan arus bolak balik

Dalam pembuatan catu daya transformator digunakan untuk mengkonversi tegangan arus bolak-balik tegangan tinggi menjadi tegangan rendah atau sebaliknya (Suyadi, 2010, p. 94).

2. Penyearahan arus listrik

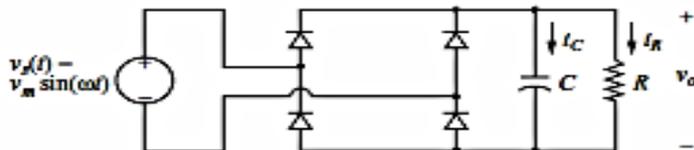
Proses penyearahan arus listrik dari arus bolak-balik ke arus searah terdapat dua macam, yaitu penyearahan setengah gelombang dan penyearahan gelombang penuh. Rangkaian penyearah gelombang penuh menggunakan lebih dari satu diode, sehingga penyerahan sudah pada gelombang positif dan negatif, hasil penyearahan mendekati gelombang arus searah murni, dapat menggunakan empat diode tunggal yang disusun menyerupai sebuah jembatan terlihat pada gambar 2.10 (Suyadi, 2010, p. 96).



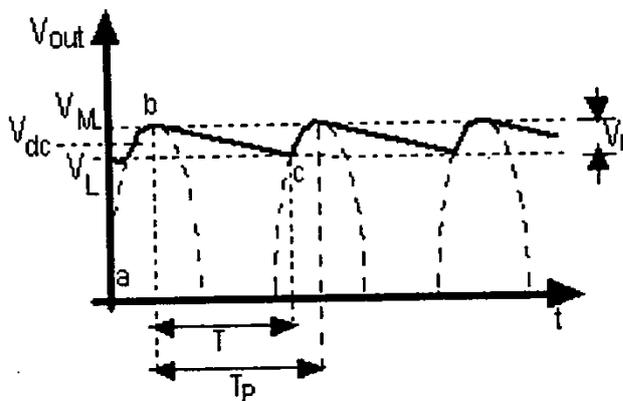
Gambar 1.8 Penyearah Gelombang Penuh dengan Diode Jembatan
 Sumber: Suyadi,2010:97

3. Penyaringan tegangan listrik

Menempatkan kapasitor yang besar secara paralel dengan beban resistif sebagai filter tegangan, riak tegangan keluaran yang dihasilkan dapat dikurangi dan bentuk gelombang tegangan keluarannya bisa menjadi lebih rata terlihat pada gambar 2.11 (Hart, 2011, p. 123).



Gambar 1.9 Penyearah Gelombang Penuh dengan Filter Kapasitif
 Sumber: Hart, 2011: 123



Gambar 1.10 Gelombang Tegangan Keluaran pada Penyearah
 Sumber: Suyadi ,2010:100

Kurva b-c merupakan gelombang riak tegangan keluaran yang telah disaring oleh kapasitor (V_{C1}). Setelah terjadi penyaringan tegangan keluaran, tegangan keluaran V_{dc} menjadi lebih halus (Suyadi, 2010, p. 100).

Dengan mengamati gambar 2.12, kita dapat menentukan beberapa parameter terukur dengan menggunakan persamaan berikut:

1. Tegangan riak

Rangkaian penyearah yang baik adalah rangkaian yang memiliki tegangan riak kecil.

$$V_r = V_M - V_L \quad (2.6)$$

2. Tegangan keluaran DC

$$V_{dc} = V_M + \frac{V_r}{2} \quad (2.7)$$

3. Tegangan beban (pengosongan kapasitor)

$$V_L = V_M e^{-T/R.C} \quad (2.8)$$

V_L adalah tegangan pengosongan kapasitor C.

4. Tegangan riak (V_r) baru..

$$V_r = V_M \left(\frac{T}{R.C} \right) \quad (2.11)$$

V_M/R tidak lain adalah beban I sehingga dengan ini terlihat hubungan antara beban arus I dan nilai kapasitor C, terhadap tegangan riak V_r .

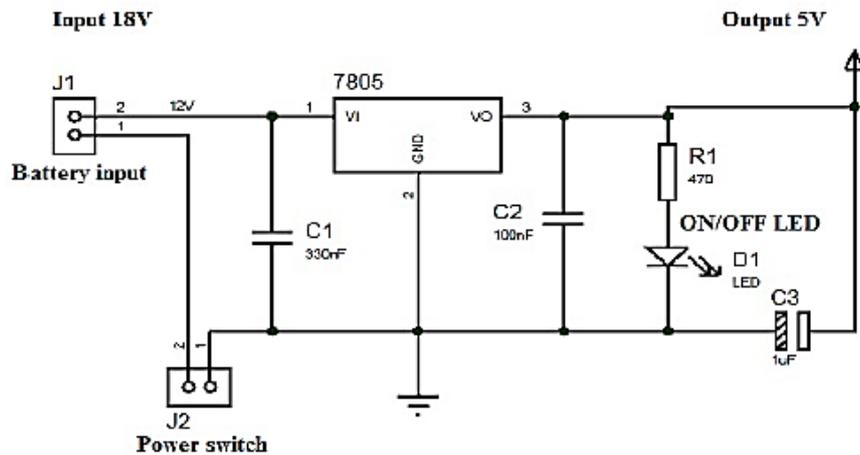
$$V_r = I \left(\frac{T}{C} \right) \quad (2.12)$$

a. Jika arus beban I semakin besar, tegangan riak akan semakin besar.

b. Jika kapasitans C semakin besar, tegangan riak akan semakin kecil.

4. Penstabilan tegangan listrik

Tegangan jala-jala dari perusahaan tenaga listrik sering mengalami fluktuasi. Penstabil tegangan digunakan menstabilkan tegangan keluaran rangkaian catu daya jika sisa riak tegangan tidak stabil. Komponen IC 78xx sering digunakan karena lebih praktis, mudah, cepat (Suyadi, 2010, p. 105).



Gambar 1.11 Catu Daya dengan Regulator
 Sumber: Victor, Costachioiu, & Constantinescu, 2015

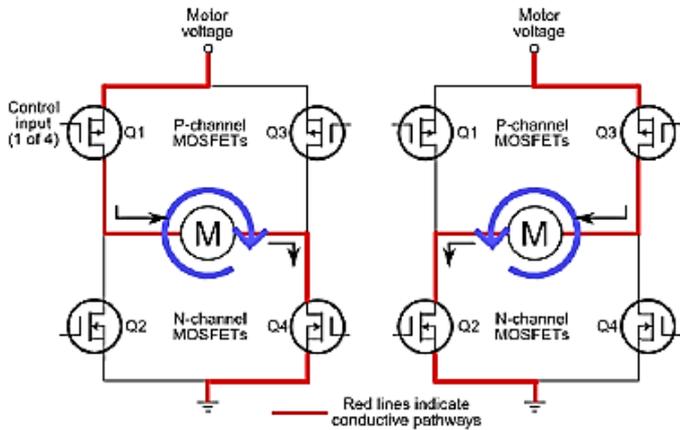
Gambar 2.13 adalah pengaturan yang disarankan agar regulator catu daya bekerja dengan benar. Desainnya membutuhkan kapasitor yang spesifik pada masukan dan keluaran sebagai filter sehingga tidak terjadi osilasi (Victor, et al., 2015).

2.5 Pengendali Motor Arus Searah

H-bridge adalah perangkat daya yang sering digunakan untuk menyuplai beban induktif, khususnya untuk motor arus searah, pengendali *H-bridge* bisa digunakan untuk mengendalikan arah dan kecepatan motor arus searah. Konstruksi dasar *H-bridge* dibangun dengan 4 transistor daya seperti BJT, MOSFET, atau IGBT, yang digunakan sebagai saklar elektronik (Chen, 2013, p. 265).

H-bridge yang dibangun dapat menggunakan 4 mosfet kanal-N atau dua mosfet kanal-N (sisi rendah) dan dua mosfet kanal-P (sisi tinggi). Penggunaan empat mosfet kanal-N, sisi tinggi dari *H-bridge* rangkaian *bootstrap*, pada penggunaan mosfet dua kanal-N dan kanal-P, sisi yang tinggi membutuhkan transistor untuk mengontrol kanal-P (Mulay, et al., 2014).

Rangkaian *H-bridge* menggunakan dua buah mosfet kanal-P dan dua buah mosfet kanal-N. Pengaturan hidup dan matinya keempat MOSFET tersebut digunakan untuk mencatu besarnya daya yang diberikan serta arah kemana akan berputar motor arus searah (Putri, et al., 2014, p. 87).



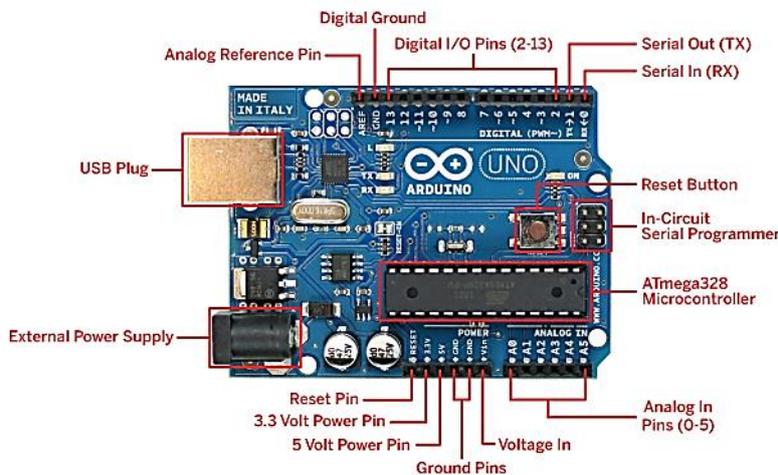
Gambar 1.12 Konfigurasi Penggerak Motor *H-bridge*
 Sumber: Annuar, Muhammad haikal Md Zin, & Azahar, 2016:37

Jadi dengan memilih pasangan mosfet mana yang kita aktifkan, kita dapat membuat arus mengalir ke salah satu dari dua arah melalui motor. Karena motor magnet permanen membalikkan arahnya saat aliran arus dibalik (Victor, et al., 2015).

2.6 Arduino Uno R3

Arduino adalah sebuah project *open-source developing tools* berupa mikrokontroler. Arduino memiliki bahasa pemrograman yang didasarkan atas *board wiring* yang begitu mudah dipahami dan sederhana. Jenis yang paling umum digunakan adalah Arduino Uno yang ditunjukkan pada Gambar 2.15. Komponen utama dari Arduino ini adalah Mikrokontroler ATmega 328 yang berfungsi sebagai “otak” dari Arduino.

Arduino atau Genuino adalah papan mikrokontroler yang menggunakan IC ATmega328P yang mempunyai 14 digital pin *input* atau *output* (6 pin digunakan PWM *outputs*), 6 analog input, 16 MHz *quartz crystal* (*clock*), fasilitas *USB connection*, sebuah *power jack* (dc), sebuah *ICSP header* dan tombol reset.



Gambar 1.13 Arduino UNO R3

Sumber: Margolis, 2011:3

Arduino UNO menyediakan 4 UART TTL (5V) untuk komunikasi serial. Sebuah Arduino UNO sebagai saluran komunikasi serial melalui USB dan sebagai *port* virtual com untuk perangkat lunak pada komputer. *Firmware* '8 U2 menggunakan *driver* USB standar COM, dan tidak ada *driver* eksternal yang diperlukan. Namun pada Windows diperlukan sebuah file inf. Perangkat lunak Arduino terdapat monitor serial yang memungkinkan digunakan memonitor data tekstual sederhana yang akan dikirim ke atau dari papan Arduino. LED RX dan TX di papan tulis akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui *chip* USB-to-serial dengan koneksi USB ke komputer.

2.7 Sensor Tegangan

Pengukuran voltase digital telah maju dengan kemajuan mikrokontroler dan perangkat ADC lainnya. Pengukuran digital memberikan nilai voltase yang lebih tepat daripada pasangan analog. Perbandingan pengukuran voltase dan arus dengan ammeter standar memberikan kesalahan 2 - 4% pada arus dan tegangan (P.pai, et al., 2012).

Modul sensor tegangan ZMPT101B adalah sensor tegangan yang terbuat dari transformator tegangan ZMPT101B. Sensor tegangan ZMPT101B memiliki akurasi tinggi, konsistensi yang baik untuk mengukur tegangan dan daya. Sensor ZMPT101B dapat mengukur hingga 250V AC. Mudah digunakan dan dilengkapi dengan potensiometer putar untuk menyesuaikan output ADC (Abubakar, et al., 2017, p. 1077).



Gambar 1.14 Modul Sensor Tegangan ZMPT101B

Sumber : Abubakar, Khalid, Mustafa, Shareef, & mustapha, 2017:1077

Sensor ZMPT101B harus dikalibrasi oleh pengguna. Pengkalibrasian dapat menggunakan metode polinomial, *non-intrusif load meter*, dan linier. Dalam penelitian berikut menggunakan metode linier untuk regresi dan algoritma untuk menentukan tegangan sampel dari keluaran ADC sensor.

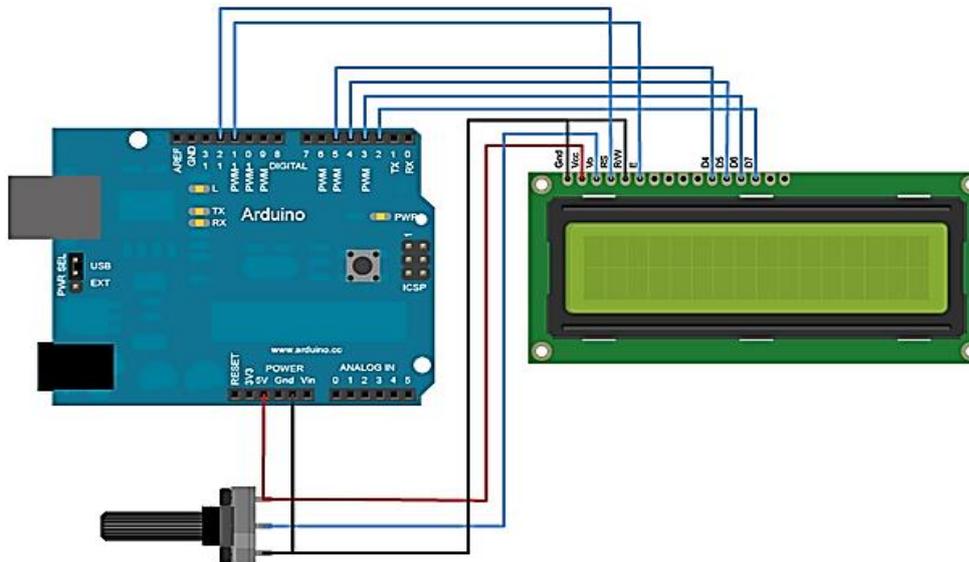
Sifat voltase dan arus pada sistem arus searah dicirikan dengan memiliki nilai konstan kecuali jika voltase atau arus beban berubah. Tapi ketika menggunakan sumber arus bolak - balik, arus dan tegangan bersifat sinusoidal, maka tegangan sinusoidal bervariasi terhubung ke sensor yang berarti hanya bisa membaca nilai tegangan pada waktu tertentu. Diperlukan perhitungan dalam kasus suplai arus bolak - balik dimana algoritma menggunakan sampel

tegangan untuk menghitung nilai rms tegangan. Hal ini juga berguna dalam perhitungan arus rms dan konsumsi daya sesungguhnya dari sistem. Pemrograman Arduino menghitung tegangan rms dilakukan sesuai persamaan 2.14 (Abubakar, et al., 2017, p. 1078)

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_t^2} \quad (2.15)$$

2.8 Liquid Crystal Display

Liquid Crystal Display (LCD) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan Kristal cair sebagai penampil utama. LCD telah digunakan dalam berbagai bidang diantaranya alat-alat elektronik, seperti televisi, kalkulator ataupun layar komputer. Pada gambar 2.18 menunjukkan rangkaian LCD yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino. Pada LCD terdapat 16 pin, masing - masing pin memiliki fungsi masing - masing untuk dihubungkan dengan mikrokontroler arduino.



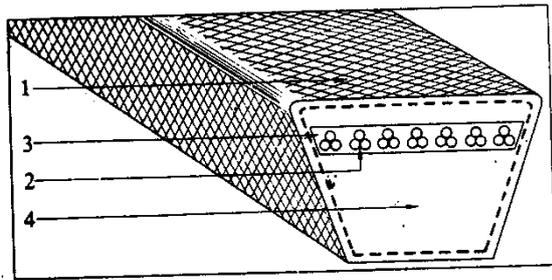
Gambar 1.15 Rangkaian LCD dengan Arduino Uno

Sumber: <https://www.arduino.cc>

2.9 Transmisi Sabuk-V

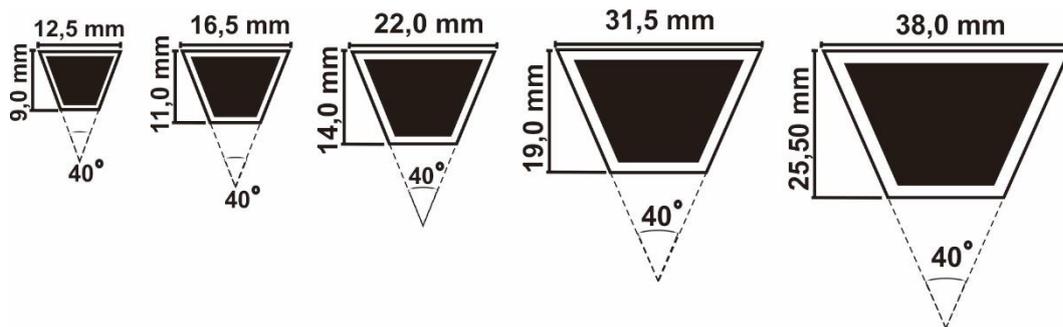
Jarak yang jauh antara dua buah poros sering tidak memungkinkan transmisi langsung dengan roda gigi. Dalam hal demikian, cara transmisi putaran lain dapat diterapkan, dimana sebuah sabuk luwes atau rantai dibelitkan sekeliling puli atau sproket pada poros (Sularso & Suga, 2004, p. 164).

Sebagian besar transmisi sabuk menggunakan sabuk-V karena mudah penanganannya dan harga yang murah. Kecepatan sabuk direncanakan untuk 10 sampai 20 (m/s). Daya maksimum yang dapat ditransmisikan kurang lebih sampai 500 (kW).



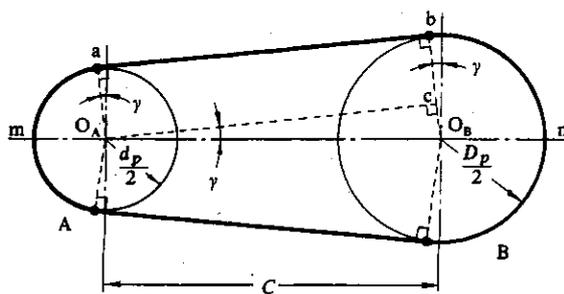
1. Terpal
2. Bagian penarik
3. Karet pembungkus
4. Bantal karet

Gambar 1.16 Konstruksi Sabuk-V
 Sumber: Sularso, 2004:164



Gambar 1.17 Macam Ukuran Sabuk-V
 Sumber: Sularso & Suga, 2004:164

Sabuk-V terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Tenunan tetoron dipergunakan sebagai inti sabuk untuk membawa tarikan yang besar. Sabuk-V dibelitkan di keliling alur puli yang berbentuk V, sabuk akan mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Gaya gesekan juga akan bertambah karena pengaruh bentuk baji, yang akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah. Transmisi sabuk-V hanya dapat menghubungkan poros-poros yang sejajar dengan arah putaran yang sama. Sabuk-V bekerja lebih halus dan tidak bersuara (Sularso & Suga, 2004, p. 167).



Gambar 1.18 Perhitungan Sabuk-V
 Sumber: Sularso & Suga, 2004:164

Dalam gambar terlihat putaran puli penggerak dan yang digerakkan adalah n_1 (rpm) dan n_2 (rpm), dan diameter nominal masing-masing d_p (mm) dan D_p (mm), serta perbandingan putaran u dinyatakan dengan n_2/n_1 atau d_p/D_p . Sabuk-V digunakan untuk menurunkan putaran, maka dipakai perbandingan reduksi i ($i > 1$) (Sularso & Suga, 2004, p. 170).

Terlebih dahulu tentukan jenis sabuk yang digunakan dengan menghitung daya rencana

$$P_d = P \times f_c \quad (2-16)$$

Dengan diketahuinya daya rencana, maka dapat menentukan jenis sabuk-V yang digunakan, sehingga dapat mengetahui diameter jarak bagi puli yang dianjurkan (d_p) dan diameter luar puli (d_k) (Sularso & Suga, 2004, p. 172).

$$D_p = d_p \times i_1 \quad (2-17)$$

$$d_k = d_p + 2 \times \frac{1}{2} \text{ tebal sabuk} \quad (2-18)$$

$$\frac{n_1}{n_2} = i = \frac{D_p}{d_p} = \frac{1}{u}; u = \frac{1}{i} \quad (2-19)$$

kecepatan linier sabuk-V

$$v = \frac{d_p n_1}{60 \times 1000} \quad (2-20)$$

Jarak sumbu poros C (mm) dan panjang keliling sabuk L (mm)

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(d_p + D_p) + \frac{1}{4C}(D_p - d_p)^2 \quad (2-21)$$

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_p - d_p)^2}}{8} \quad (2-22)$$

di mana

$$b = 2L - 3,14(D_p - d_p) \quad (2-23)$$

Menentukan jumlah sabuk yang dipakai (N) dan sudut kontak (θ).

$$\theta = 180^\circ - \frac{57 + (D_p - d_p)}{C} \quad (2-24)$$

$$\theta = \frac{P_d}{P_0 \times K_\theta} \quad (2-25)$$

Membuat puli diperlukan beberapa perhitungan yaitu bahan puli yang disesuaikan dengan kebutuhan, tegangan geser yang aman, diameter poros sesuai dengan benda yang akan dipasang puli, diameter puli melalui perhitungan pada sauk transmisi-V, dan diameter naff.

Perhitungan Tegangan geser yang diizinkan (τ_α)

$$\tau_\alpha = \frac{\sigma_B}{Sf_1 \times Sf_2} \quad (2-26)$$

Perhitungan diameter naff puli

$$d_{b1} = \frac{5}{3} d_{s1} + 10 \quad (2-27)$$

2.10 Regresi linier

Regresi merupakan cara yang digunakan untuk mengetahui suatu persamaan yang belum diketahui dari suatu kumpulan data. Regresi linier digunakan untuk menentukan fungsi linier

yang paling sesuai dengan kumpulan titik data (x_n, y_n) yang diketahui. Persamaan matematis untuk garis lurus adalah

$$y = a_0 + a_1x \quad (2-28)$$

di mana a_0 dan a_1 adalah koefisien-koefisien yang mewakili perpotongan kemiringan. Untuk mengetahui nilai a_1 maka digunakan persamaa 2-28. Dan untuk mengetahui nilai a_0 digunakan persamaan 2-29 (Chapra & P., 1989).

$$a_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (2-29)$$

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x} \quad (2-30)$$

n = jumlah data

\bar{y} = rata-rata dari y

\bar{x} = rata-rata dari x