

BAB II

DASAR-DASAR MOTOR INDUKSI

2.1 Tinjauan Pustaka

Untuk membantu menyelesaikan proses pembuatan Proyek Akhir ini, dibutuhkan adanya beberapa referensi yang dapat menjadi acuan penulis dalam melakukan penelitian. Penelitian yang berjudul “ Pengaruh Frekuensi Terhadap Efisiensi Motor Fan Radiator Dengan Menggunakan Variable Speed Drive Di PT PJB UBJOM PLTMG ARUN” .

Sebelumnya Penelitian ini telah dilakukan dengan judul “Pengaruh Inverter Sebagai Alat Pengendali Frekuensi Terhadap Unjuk Kerja Motor Induksi Tiga Fasa Sangkar Tupai” yang diteliti oleh Nugroho, Adi, 2011. Dalam Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh frekuensi untuk unjuk kerja motor induksi tiga fasa.

Kemudian Penelitian ini telah dilakukan oleh Zuriman Anthony, ST., MT. Dengan judul penelitian “ Pengaruh Perubahan Frekuensi Dalam Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3-Fasa Terhadap Efisiensi Dan Arus Kumputan Motor “. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan batasan pengaturan frekuensi sumber dalam mengatur kecepatan motor induksi 3-fasa agar motor masih dapat bekerja dengan baik yang tidak membahayakan motor.

Dan penelitian ini juga dilakukan oleh Noorly Evalina, Abdul Azis H, Zulfikar, 2016. Dengan judul penelitian “Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan *Programmable logic controller*” . Penelitian ini bertujuan untuk mengontrol perubahan putaran motor induksi

dengan bantuan *software CX-Programmer*, pada saat frekuensi disetting ke *PLC* dirubah maka kecepatan putaran motor induksi akan berubah.

2.2 Landasan Teori

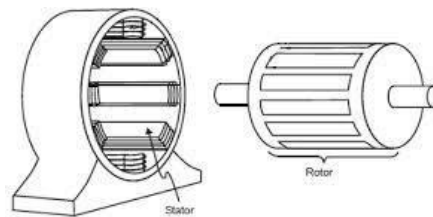
2.2.1 Pengertian Motor

Motor induksi merupakan suatu jenis motor listrik yang paling sederhana, konstruksi kuat dan mempunyai ukuran KVA yang berbeda-beda. Motor induksi merupakan suatu motor yang dicatu arus bolak-balik pada statornya secara langsung dan pada rotornya dengan imbas atau transformator dari stator. Disebut motor induksi disebabkan dari kenyataan bahwa arus yang mengalir pada rotor bukan diperoleh dari suatu sumber tertentu melainkan arus yang terinduksi akibat adanya perbedaan relatif antara putaran poros rotor dengan medan putar yang terjadi pada stator. Medan putar inilah yang menjadi prinsip dasar dari motor induksi 3 fasa, sedang motor induksi satu fasa tidak menghasilkan medan putar. Motor induksi tiga fasa berputar pada kecepatan yang pada dasarnya adalah konstan, mulai dari tidak berbeban sampai mencapai keadaan beban penuh. Kecepatan putaran motor ini dipengaruhi oleh frekuensi, dengan demikian pengaturan kecepatan tidak dapat dengan mudah dilakukan terhadap motor ini. Walaupun demikian, motor induksi tiga fasa memiliki beberapa keuntungan, yaitu sederhana, konstruksinya kokoh, harganya relatif murah, mudah dalam melakukan perawatan, dan dapat diproduksi dengan karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan industri. Bila motor asinkron bekerja pada sistem 3 fasa, besar arus dan juga fluksi pada kutub di masing-masing fasa selalu berubah sesuai dengan fungsi waktu. Fluksi-fluksi pada masing-masing kutub selalu menghasilkan fluksi total

(resultant), yang bergerak mengelilingi stator dengan arah radial. Fluksi yang berputar tersebut disebut medan putar, kecepatan putarnya disebut putaran sinkron .

2.2.2 Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa

Sebuah motor induksi tiga fasa memiliki konstruksi yang hampir sama dengan motor listrik jenis lainnya. Motor ini memiliki dua bagian utama, yaitu stator yang merupakan bagian yang diam, dan rotor sebagai bagian yang berputar. Antara bagian stator dan rotor dipisahkan oleh celah udara yang sempit, dengan jarak berkisar dari 0,4 mm sampai 4 mm.



**Gambar 2.1 Penampang Stator dan Rotor Motor
Induksi Tiga Fasa**

Rangka stator motor induksi didesain sedemikian rupa dengan tujuan yaitu:

1. Menutupi kumparan dan inti
2. Melindungi bagian mesin yang bergerak dari kontak langsung dengan manusia dan gangguan dari udara terbuka.
3. Meyalurkan torsi ke bagian peralatan pendukung mesin, oleh karena itu stator didesain untuk tahan terhadap gaya putaran dan guncangan.
4. Berguna sebagai sarana ventilasi sehingga pendinginan lebih efektif.

Ditinjau dari rotornya, motor induksi dibagi 2 yaitu motor induksi rotor sangkar dan motor induksi rotor belitan. Motor induksi sangkar mempunyai kecepatan putar dan torsi yang konstan atau sulit diatur, sedangkan motor induksi rotor belitan mempunyai kecepatan putar dan torsi yang dapat diatur.

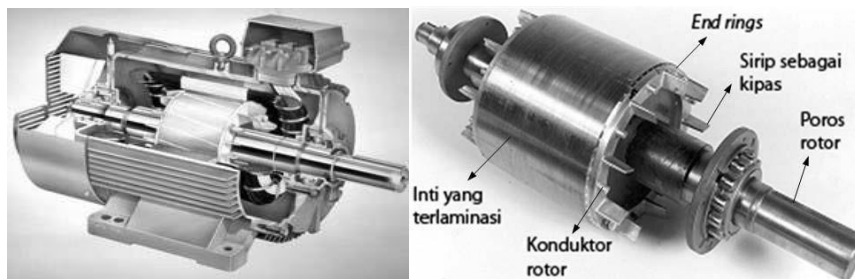
Jenis rotor belitan terdiri dari satu set lengkap belitan tiga fasa. Belitan tiga fasa pada rotor belitan biasanya terhubung Y, dan masing-masing ujung dari tiga kawat belitan fasa rotor tersebut dihubungkan pada slip ring yang terdapat pada poros rotor. Belitan-belitan rotor ini kemudian dihubungkan singkatkan melalui sikat yang menempel pada *slip ring*



Gambar 2.2 (a) Tampilan *slip ring* rotor belitan

(b) Motor induksi tiga fasa rotor belitan

Rotor sangkar mempunyai kumparan yang terdiri atas beberapa batang konduktor yang disusun sedemikian rupa sehingga menyerupai sangkar. Rotor terdiri dari tumpukan lempengan besi tipis yang dilaminasi batang konduktor yang mengitarinya. Aluminium (sebagai batang konduktor) dimasukkan ke dalam slot dari inti rotor untuk membentuk serangkaian konduktor yang mengelilingi inti rotor. Rotor yang terdiri dari sederetan batang-batang konduktor yang terletak pada alur-alur sekitar permukaan rotor, ujung-ujungnya dihubungkan singkat menggunakan cincin hubung singkat.



(a)

(b)

Gambar 2.3 (a) Motor induksi tiga fasa rotor sangkar

(b) Rotor sangkar dan bagian-bagiannya

2.2.3 Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dan kumparan stator kepada kumparan rotornya. Bila kumparan stator motor induksi 3 fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3 fasa, maka kumparan stator akan

menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis-garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul gaya gerak listrik (Emf) atau tegangan induksi. Karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup, maka akan mengalir arus pada kumparan rotor. Kumparan rotor yang dialiri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya Lorentz yang menimbulkan torsi yang cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator.

Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor-konduktor pada rotor, sehingga terinduksi arus, dan sesuai dengan Hukum Lenz, rotor pun akan turut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban, akan memperbesar kopel motor yang oleh karenanya akan memperbesar pula arus induksi pada rotor, sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi. Bila beban motor bertambah, putaran rotor cenderung menurun. Dan apabila sumber tegangan tiga fasa dihubungkan ke terminal stator maka pada kumparan tegangan (stator) akan timbul arus yang menghasilkan fluksi. Fluksi pada stator biasanya konstan, kecepatan medan putar stator dapat di tulis dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N_s = \frac{120xf}{p} \dots\dots\dots(2.1)$$

Di mana :

N_s = kecepatan putaran stator (rpm)

f = frekuensi (Hz)

P =Jumlah kutub

Pada dasarnya ada beberapa prinsip penting pada motor – motor induksi yaitu :

1. Apabila sumber tegangan tiga fasa dihubungkan pada kumparan stator maka akan timbul medan putar dengan kecepatan sinkron (n_s).
2. Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor.
3. Akibatnya pada kumparan rotor timbul induksi (ggl) sebesar :

$$E_2 = 4,44.f_2.N_2.\phi_m \dots \dots \dots (2.2)$$

4. Karena kumparan rotor merupakan rangkaian yang tertutup, ggl (E) akan menghasilkan arus (I).
5. Adanya arus didalam medan magnet menimbulkan gaya pada motor.
6. Bila kopel mula dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator.
7. Tegangan induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar tegangan terinduksi diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan berputar rotor (n_r).
8. Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s disebut slip (s) dinyatakan dengan :

$$S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

9. Bila $n_r = n_s$, tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak mengalir pada kumparan jangkar (rotor), dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Kopel motor akan ditimbulkan apabila n_r lebih kecil dari n_s .
10. Dilihat dari cara kerjanya maka motor tak serempak disebut juga motor induksi atau motor asinkron.

2.2.4 Karakteristik Motor

Garis grafik kopel sebagai fungsi dari waktu daya dan kecepatan putaran, , kopel hampir sebanding dengan bilangan slip (adalah pengurangan kecepatan sesuai dengan perubahan kopel). Sebaliknya pada bagian DE (motor berbeban lebih) bilangan slip bertambah terus tetapi kopel berkurang dan motor berhenti. Tidak semua tenaga listrik yang diserap motor induksi berubah menjadi tenaga mekanik yang berguna, tetapi sebagian hilang dalam bentuk tenaga panas. Tenaga mekanik ($W_{mekanik}$) sama dengan tenaga listrik ($W_{listrik}$) dikurang tenaga panas (W_k), rendamen (η) sebagai fungsi dari tenaga mekanik dan tenaga listrik.

$$\eta = \frac{W_{mekanik}}{W_{listrik}} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana :

- η = effisiens
- $W_{mekanik}$ = daya mekanik (watt)
- $W_{listrik}$ = daya listrik (watt)

2.2.5 Pengertian Radiator

Radiator adalah alat penukar panas yang digunakan untuk memindahkan energi panas dari satu medium ke medium lainnya yang memiliki tujuan untuk mendinginkan ataupun memanaskan. Radiator banyak dijumpai pada mesin bermotor (baik roda 4 maupun roda 2), namun tidak jarang pada mesin lainnya radiator juga digunakan untuk mendapatkan pendinginan yang ekstra. Pada kendaraan bermotor seperti motor roda 2 radiator terdapat pada bagian depan berada dekat mesin atau pada posisi tertentu yang menguntungkan bagi sistem pendinginan.

2.2.6 Bagian Radiator Motor

Radiator yang memiliki posisi tertentu untuk membantu mesin dalam hal pendinginan memiliki bagian-bagian. Bagian pada radiator antara lain tangki air bagian atas (upper tank), tangki bagian bawah (lower water tank) dan radiator core pada bagian tengahnya. Dengan berkembangnya jaman teknologi mesin telah banyak menghasilkan inovasi dalam hal meningkatkan efisiensi mesin untuk mengubah Upper tank merupakan bagian atas radiator yang terbuat dari 2 bahan yaitu dari kuningan dan plastik komposit. Upper tank ini berfungsi untuk transit air panas yang berasal dari blok mesin. Lower tank merupakan bagian paling bawah dari radiator yang terbuat sama dengan upper tank yaitu kuningan dan plastik komposit. Lower tank ini memiliki fungsi untuk menampung air yang sudah didinginkan dari core radiator dan tempat transit air yang masuk ke dalam blok mesin. Core radiator yang sering disebut juga dengan sarang radiator. Core radiator

ini terbuat dari tembaga dan aluminium. Core radiator memegang peranan penting saat proses pendinginan. Core radiator terdiri dari susunan pipa pipih yang di rangkai dengan plat tipis yang berfungsi untuk melepas panas. Core radiator memiliki fungsi memecah volume air menjadi kecil-kecil melewati pipa pipih tersebut agar air lebih mudah dingin saat terkena angin dari hembusan kipas pendingin.

2.2.7 Komponen Radiator Motor

- **Tutup Radiator** : Komponen ini memiliki fungsi di antaranya untuk menaikkan titik didih air pendingin dengan jalan menahan ekspansi air pada saat air menjadi panas sehingga tekanan air pada saat air menjadi panas sehingga tekanan air menjadi lebih tinggi dari tekanan udara luar. Selain fungsi tersebut diatas komponen ini juga berfungsi untuk mempertahankan air pendingin di dalam sistem agar tetap penuh walaupun mesin dalam keadaan panas atau dingin. Agar fungsi tersebut terjaga maka tutup radiator dilengkapi dengan relief valve dan vacuum valve.
- **Thermostat Radiator Motor** : Komponen ini memiliki fungsi untuk mempercepat terjadinya suhu kerja pada mesin saat mesin masih dingin dan juga berfungsi untuk mempertahankan mesin selalu pada suhu kerjanya. Thermostat yang ada pada radiator motor biasanya dipasang antara radiator dan sirkuit pendingin (silinder block dan silinder head). Komponen ini bekerja seperti katup otomatis yang

bekerja berdasarkan panas, dimana pada waktu dingin katup akan menutup dan pada waktu panas katup akan terbuka.

- **Kipas Pendingin Pada Radiator Motor** : Radiator pada motor didinginkan oleh aliran udara luar yang mengalir melewati sirip-siripnya. Pada saat kendaraan berhenti aliran udara tidak akan cukup untuk mendinginkan radiator. Hal yang harus diperhatikan untuk mengatasi masalah ini maka dibelakang radiator dipasang kipas pendingin untuk membantu agar aliran udara selalu cukup untuk mendinginkan radiator.
- **Tangki Cadangan** : Tangki cadangan atau reservoir dihubungkan ke radiator melalui selang overflow. Komponen ini memiliki fungsi untuk menjaga agar volume air pendingin yang ada pada radiator tetap dalam keadaan stabil.
- **Pompa Air** : Pompa air atau water pump merupakan komponen yang ada pada radiator yang memiliki fungsi mensirkulasikan air pendingin dengan jalan membuat perbedaan tekanan antara saluran hisap dengan saluran tekanan yang terdapat pada pompa. Pompa yang umumnya digunakan pada radiator motor adalah tipe sentrifugal.
- **Selang Radiator** : Selang radiator memiliki fungsi sebagai penghubung antara radiator dan blok mesin. Selang radiator ada 2 yaitu upper hose berfungsi mengalirkan air panas dari mesin ke

radiator, dan yang kedua ada lower hose berfungsi untuk menyalurkan air yang sudah didinginkan kembali ke mesin.

- **Water Jacket Pada Radiator :** Water jacket merupakan komponen terakhir yang ada pada radiator yang memiliki fungsi sebagai saluran-saluran tempat air mengalir di blok mesin. Nah inilah komponen-komponen penyusun yang ada pada radiator, dengan adanya pengetahuan mengenai komponen-komponen ini dan fungsinya untuk apa saja, maka akan memudahkan anda dalam memperbaiki radiator apabila bermasalah.

2.2.8 Sistem Kerja Radiator

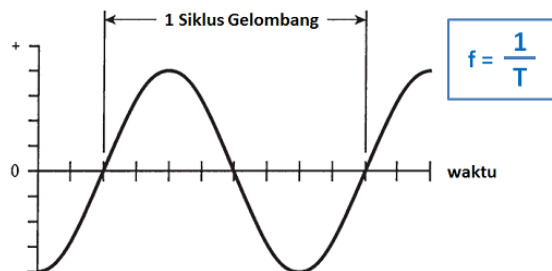
Pada mesin mobil dan sepeda motor, radiator menggunakan fluida cair sebagai media pendinginan dimana cairan ini akan menyerap panas dari blok mesin hingga ke kepala silinder mesin. Pompa akan mengirimkan cairan ke dalam blok mesin melalui pipa berwarna hijau, lalu menuju bagian dalam mesin di sekitar silinder hingga ke kepala silinder, kemudian cairan yang telah menyerap panas dari mesin masuk lagi ke dalam radiator melalui pipa berwarna merah. Di dalam radiator, cairan ini akan didinginkan menggunakan udara luar dan ketika temperature cairan sudah dingin maka pompa akan kembali memompa cairan pendingin ke dalam mesin.

2.2.9 Pengertian Frekuensi

Dalam ilmu Fisika, Pengertian Frekuensi adalah jumlah getaran yang dihasilkan dalam setiap 1 detik. Sedangkan dalam ilmu elektronika, Frekuensi dapat diartikan sebagai jumlah gelombang listrik yang dihasilkan tiap detik. Frekuensi biasanya dilambangkan dengan huruf “f” dengan satuannya adalah *Hertz* atau disingkat dengan Hz. Jadi pada dasarnya 1 Hertz adalah sama dengan satu getaran atau satu gelombang listrik dalam satu detik (1 Hertz = 1 gelombang per detik). Istilah Hertz ini diambil dari nama seorang fisikawan Jerman yaitu *Heinrich Rudolf Hertz* yang memiliki kontribusi dalam bidang elektromagnetisme.

- **Kelipatan Satuan Hertz (Standar Internasional)**

Kelipatan satuan atau sering juga disebut dengan Prefix untuk Hertz adalah menggunakan sistem metrik yaitu kelipatan ribuan keatas yang berupa Kilo, Mega, Giga, Tera dan seterusnya. Sedangkan untuk kelipatan ribuan kebawah adalah desi, senti, mili, nano dan seterusnya.



Gambar 2.4 Grafik frekuensi terhadap gelombang waktu

- **Alat Ukur Frekuensi**

Frekuensi yang lebih tinggi biasanya diukur dengan alat pengukur frekuensi yang dinamakan dengan *Frequency Counter* atau Pencacah Frekuensi. *Frequency Counter* ini merupakan alat yang mengukur frekuensi sinyal elektronik yang berulang-ulang dan menampilkan hasilnya pada layar digital. Alat ini menggunakan logika digital untuk menghitung jumlah siklus (*number of cycles*) selama interval waktu yang ditetapkan.

- **Cara Menghitung Frekuensi**

Frekuensi adalah jumlah gelombang atau getaran yang dihasilkan pada setiap detik. Detik merupakan satuan untuk waktu atau Periode yang biasanya dilambangkan dengan huruf “T”. Jadi pada dasarnya, kita harus mengetahui “Periode” atau “waktu” dalam satuan detik (*second*) untuk dapat menghitung frekuensi. Periode dapat didefinisikan sebagai waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu siklus pengulangan gelombang atau getaran yang lengkap. Berikut ini adalah persamaan atau rumus untuk menghitung Frekuensi.

- **Rumus Menghitung Frekuensi**

- $f = 1/T$
- Dimana :
- f = Frekuensi dalam satuan Hertz (Hz)
- T = Periode dalam satuan detik (sec)

2.2.9.1 Variabel Speed Drive (VSD)

Pada umumnya variabel speed drive atau bisa disebut dengan inverter adalah peralatan yang digunakan untuk mengatur kecepatan putaran motor. Inverter menggunakan frekuensi tegangan masuk untuk mengatur kecepatan putaran motor. Jadi dengan memainkan perubahan frekuensi tegangan yang masuk pada motor, maka kecepatan putaran motor akan berubah. Karena itu inverter disebut juga *variable speed drive*.

Kecepatan putaran medan stator dapat di ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$N_s = \frac{120 \times f}{P} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana : n_s = Kecepatan putaran medan stator

120 = Konstanta

f = Frekuensi (Hz)

P = Jumlah Kutub Motor (Pole)

Untuk mengubah tegangan AC menjadi DC dibutuhkan penyearah (converter AC-DC) dan biasanya menggunakan penyearah tidak terkendali (rectifier dioda) namun juga ada yang menggunakan penyearah terkendali (thyristor rectifier). Setelah tegangan sudah diubah menjadi DC maka

diperlukan perbaikan kualitas tegangan DC dengan menggunakan tandon kapasitor sebagai perata tegangan. Kemudian tegangan DC diubah menjadi tegangan AC kembali oleh inverter dengan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*). Dengan teknik PWM ini bisa didapatkan amplitudo dan frekuensi keluaran yang diinginkan. Selain itu teknik PWM juga menghasilkan harmonisa yang jauh lebih kecil dari pada teknik yang lain serta menghasilkan gelombang sinusoidal, dimana kita tahu bahwa harmonisa ini akan menimbulkan rugi-rugi pada motor yaitu cepat panas. Maka dari itu teknik PWM inilah yang biasanya dipakai dalam mengubah tegangan DC menjadi AC (*Inverter*).

Pada umumnya VSD (*Variable Speed Drive*) digunakan untuk melakukan berikut ini:

- a. Menyesuaikan kecepatan pengendali dengan keperluan kecepatan proses.
- b. Menyesuaikan torsi (kopel/torsi) pengendali dengan keperluan kopel proses.
- c. Menghemat energi dan meningkatkan efisiensi.

2.2.9.2 Prinsip Kerja Variable Speed

Prinsip kerja dari variabel speed drive yang sederhana adalah sebagai berikut:

1. Tegangan yang masuk dari jala- jala 220/380 volt dan frekuensi 50 Hz merupakan tegangan arus bolak-balik (AC) dengan nilai tegangan dan frekuensi yang konstan. Kemudian tegangan dan frekuensi yang masuk dialirkan ke board Rectifier/ penyearah DC, dan ditampung ke kapasitor bank.
2. Untuk meratakan tegangan DC, maka tegangan dimasukkan ke DC link. Komponen yang terdapat pada DC link berupa kapasitor atau induktor.
3. Tegangan DC kemudian diumpankan ke board inverter untuk dijadikan AC kembali dengan frekuensi sesuai kebutuhan. Jadi dari DC ke AC yang komponen utamanya adalah Semikonduktor aktif seperti IGBT. Dengan menggunakan frekuensi carrier (bisa sampai 20 kHz), tegangan dicacah dan dimodulasi sehingga keluar tegangan dan frekuensi yang diinginkan.

2.2.9.3 Pengaturan Frekuensi Pada Variable Speed Drive

Frekuensi dikontrol dengan berbagai macam cara yaitu : melalui keypad (local), dengan external potensiometer, Input 0 ~ 10 VDC , 4 ~ 20 mA atau dengan preset memori. Semua itu bisa dilakukan dengan mengisi parameter program yang sesuai. Beberapa parameter yang umum dipergunakan/ minimal adalah sebagai berikut:

1. *Display* : Untuk mengatur parameter yang ditampilkan pada keypad display.
2. *Control* : Untuk menentukan jenis control local/ remote.

3. *Speed Control* : Untuk menentukan jenis control frekuensi reference.
4. *Voltage* : Tegangan *Supply* Inverter.
5. Base Freq. : Frekuensi tegangan *supply*.
6. *Lower Freq.* : Frekuensi operasi terendah.
7. *Upper Freq.* : Frekuensi operasi tertinggi.
8. *Stop mode* : Stop bisa dengan braking, penurunan frekuensi dan di lepas seperti starter DOL/ Y-D.
9. *Acceleration* : Setting waktu Percepatan.
10. *Deceleration* : Setting waktu Perlambatan.
11. *Overload* : Setting pembatasan arus.
12. *Lock* : Penguncian setting program.

2.2.9.4 Torsi

Torsi adalah kekuatan yang menghasilkan suatu rotasi (putaran). Hal ini menyebabkan objek untuk berputar. Torsi terdiri dari gaya dan jarak (lb-ft) dimana untuk menghitung nilai torsi, kita dapat menerapkan rumus :

$$T = F \times S \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

T = Torsi (Nm)

F = Gaya (N)

S = Jarak (m)

Untuk menghitung torsi motor pada saat beban penuh, kita dapat menerapkan rumus:

$$T = \frac{HP \times 5252}{n} \dots\dots\dots(2.7)$$

Atau menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$T = \frac{P_{out}}{\omega} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\omega = 2\pi \cdot n_r / 60 \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

T = Torsi

HP = Daya kuda

5252 = Konstanta

N_r = Kecepatan Motor Induksi

P_{out} = Daya keluaran (output) motor induksi

ω = Kecepatan sudut putar

2.2.9.5 Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa

Perhitungan efisiensi motor induksi melibatkan rugi-rugi yang terjadi pada stator dan rotor. Rugi-rugi stator terdiri atas rugi-rugi hysteresis, rugi-rugi eddy current, rugi-rugi inti dan rugi-rugi tembaga pada kumparan stator. Efisiensi motor adalah perbandingan antara daya keluaran motor induksi dengan daya masukan motor induksi, yaitu dilihat sebagai berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

P_{out} = Daya output motor induksi

P_{in} = Daya input motor induksi

$$P_{rugi-rugi} = P_{in} - P_{out} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \phi \dots \dots \dots (2.12)$$

$$P_{out} = \frac{T \cdot n}{9,55} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

V = Tegangan

I = Arus

Cos ϕ = Faktor Daya

P_{out} = Daya keluaran motor induksi

P_{rugi-rugi} = Rugi-rugi daya pada motor induksi

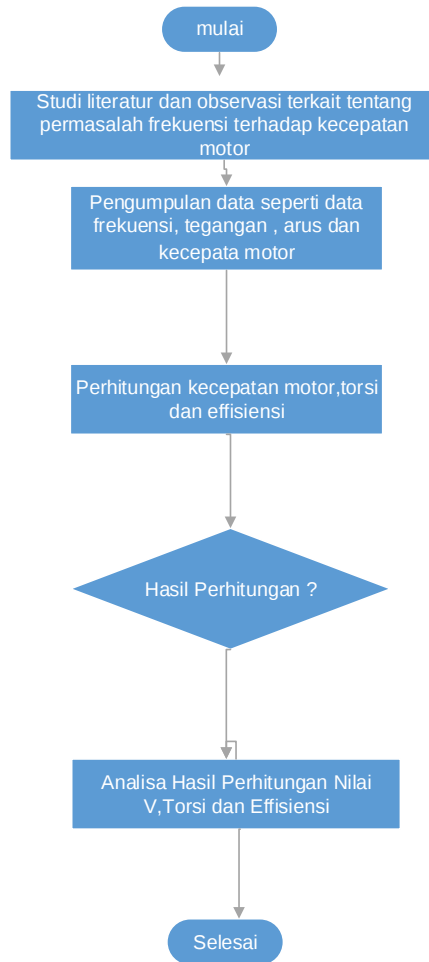
T = Torsi Motor

N = Kecepatan Motor induksi

9,55 = Konstanta

2.3 Kerangka Pemikiran

Untuk mempermudah pemahaman yang dilakukan di dalam penelitian, maka digunakan *flow chart* seperti ditunjukkan oleh tabel 2.1 sebagai berikut



Gambar 2.5 Diagram Alur Penelitian

Berdasarkan kerangka kerja penelitian yang telah digambarkan di atas, maka dapat diuraikan pembahasan masing-masing tahap dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pencarian landasan-landasan teori yang diperoleh dari berbagai buku, jurnal dan lain-lain untuk melengkapi perbendaharaan konsep dan teori, sehingga memiliki landasan dan keilmuan yang baik dan sesuai.

2. Observasi Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pengamatan secara langsung di lapangan tempat peneliti melakukan penelitian, dalam hal ini tempat penelitian akan dilakukan di PT PJB UBJOM PLTMG ARUN. Penelitian yang dilakukan yaitu mengamati pengaruh frekuensi terhadap putaran motor dengan menggunakan *variable speed drive*.

3. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan proses pengumpulan data dengan metode wawancara dan observasi untuk melakukan pengamatan dan analisa terhadap objek penelitian sehingga mendapatkan data dan informasi yang dibutuhkan peneliti. Data yaitu seperti nilai frekuensi , arus , tegangan dan kecepatan.

4. Pengolahan Data

Pada tahap ini peneliti telah memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam penelitian yang mana kemudian data-data ini akan diolah.

5. Pembuatan Laporan

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan laporan yang disusun berdasarkan hasil penelitian