

ANALISA PENGUKURAN KECEPATAN PUTARAN MOTOR INDUKSI 3 FASA BERDASARKAN FREKUENSI

Oleh : Teten Dian Hakim¹
tetendianhakim@unkris.ac.id

Abstrak - Untuk menganalisa kecepatan putaran motor induksi 3 fasa yang berdasarkan frekuensi adalah dengan mengetahui atau membuktikan bahwa frekuensi bisa menurunkan kecepatan putaran motor. Berdasarkan teori bahwa semakin besar frekuensi tegangan yang digunakan semakin cepat pula motor akan berputar, begitupun sebaliknya jika frekuensi tegangan semakin mengecil maka perputaran motor akan semakin melambat.. Konverter frekuensi adalah merupakan alat pengontrol elektronik yang bertujuan untuk pengaturan kecepatan motor terhadap sistem umpan balik atau ke perintah jauh dari pengontrol *eksternal*, dan juga dapat digunakan sebagai pengaman. *Tachometer* adalah alat untuk mengukur putarn pada kecepatan motor. Perputaran motor dapat berubah jika frekuensinya diubah, akan tetapi berdasarkan teori, rpm motor dapat dilihat dari jumlah kutub yang terpasang pada motor tersebut, misalakan motor yang berjumlah 2 kutub dengan frekuensi 50Hz putaran maksimalnya adalah 3000 rpm. Sedangkan motor yang berjumlah 4 kutub dengan frekuensi yang sama 50Hz maka kecepatan putaranya maksimalnya adalah 1500 rpm.

To analyze the speed of rotation of 3-phase induction motors that are frequency-based is to know or prove that the frequency can decrease the speed of motor rotation. Based on the theory that the greater the frequency of the voltage used the faster the motor will rotate, vice versa if the frequency of the voltage is smaller then the motor rotation will slow down .. Frequency conventional is an electronic controller that aims to adjust the speed of the motor to the feedback system or to Commands away from external controllers, and juga can be used as a security. The tachometer is a device for measuring putarn at motor speed. Motor rotation can change if the frequency is changed, but based on theory, motor rpm can be seen from the number of poles mounted on the motor, for example a motor that has 2 poles with 50Hz frequency maximum rotation is 3000 rpm. While the motor that amounts to 4 poles with the same frequency 50Hz then the maximum speed of the rider is 1500 rpm.

Kata kunci : kecepatan putaran motor induksi 3 fasa, Frekuensi, Inverter.

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Adapun tujuan membuat analisa putaran kecepatan motor 3 fasa berdasarkan frekuensi adalah untuk membuktikan bahwa kecepatan motor dapat diatur dengan mengubah nilai frekuensinya. Dan dapat diaplikasikan di lapangan atau dunia kerja, pada sistem HVAC (*Heating Ventilation Air Condesioning*) atau pada motor AHU (*Air Handling Unit*) yang mengatur kecepatan putaran baling-baling agar udara yang dihembuskan bisa diatur sesuai situasi dan kondisi tertentu.

1.2. Rumusan Masalah

Kecepatan motor dapat diatur dengan mengatur nilai frekuensinya dengan cara menggunakan alat konverter frekuensi. Dengan alat ini maka frekuensi bisa diatur sesuai dengan situasi dan kondisi. Frekuensi, kecepatan motor dan jumlah kutub saling berhubungan itu dapat di buktikan dengan menggunakan rumus :

Perputaran sinkron.

$$(No) = \frac{120 \times \text{frekuensi(Hz)}}{\text{jumlah kutb(p)}}$$

1.3. Batasan Masalah

Di dalam analisa ini penyusun ingin mengetahui pengaruh frekuensi tegangan terhadap kecepatan motor, yang didasari pada teori motor induksi kecepatan sinkron. Pengaturan frekuensi yang masuk ke motor induksi disamping akan mempengaruhi kecepatan motor, juga akan mempengaruhi arus yang melewati kumparan motor, karena perubahan karena frekuensi berbanding lurus dengan arus yang masuk pada kumparan sehingga fluks berbanding lurus dengan frekuensi. Fluks magnet terjadi gaya gerak listrik atau ggl maka, akan terjadinya putaran pada rotor tersebut

1.4. Tujuan Penelitian

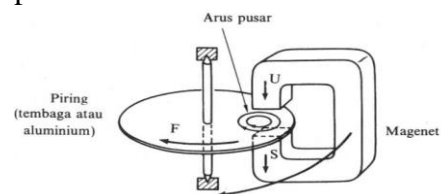
Tujuaan penelitian ini pastinya sebagai salah satu syarat penelitian, dan juga ingin memahami secara langsung karakteristik motor induksi 3 fasa yang banyak pengapilikasiannya di dunia kerja seperti perkantoran gedung bertingkat dan industri, jadi bila penyusun atau mahasiswa yang sudah lulus dan bekerja tidak akan asing lagi dengan motor induksi tersebut.

Pada sistem HVAC (*Heating Ventilation Air Condesioning*) pengaturan kecepatan motor sering di apilkasikan pada motor AHU (*Air Handling Unit*), untuk mengatur kecepatan putaran baling – baling agar udara yang dihembuskan bisa diatur sesuai situasi dan kondisi.

2. Landasan Teori

2.1. Prinsip Perputaran Motor Tak Serempak

Gambar dibawah ini memperlihatkan cakram arago, yang diberi nama demikian karena ini dipergunakan seorang ahli Italia arago dalam eksperimennya ia memperlihatkan prinsip yang dipakai oleh motor tak serempak.



Gambar 1. Piring Arago

Dalam gambar itu, bila magnet digerakan dalam arah panah, fluks magnet Φ yang dihasilkan magnet juga bergerak dengan magnet. Karena itu cakram (konduktor) memotong fluks magnet Φ menyebabkan tegangan yang dibangkitkan dalam cakram. Ini membuat arus pusing mengalir (akibat ini disebut hukum tangan kanan fleming).

Arus pusing dan fluks Φ membangkitkan elektromagnetik F, yang

menggerakkan cakram searah gerak magnet (efek ini disebut hokum tangan kiri fleming). Motor tak serempak membuat medan magnetik berputar dengan kumparan rotor, dari pada menggerakkan fluks magnetic yang dibangkitkan magnet, yang memutar rotor yang bekerja sebagai cakram (konduktor).

Dalam hal motor tak serempak fasa tunggal, medan magnet berputar tak dapat dibangkitkan karena itu medan magnet sama seperti medan magnet berputar yang dibentuk dengan bantuan kumparan asut untuk memungkinkan pengasutan.

2.2. Kecepatan Sinkron Dan Slip

Jumlah kutub motor dihitung dengan setiap set dari satu kutub U dan satu kutub S dihitung sebagai dua dan kerana itu bertambah dengan perkalian ganda. Kecepatan (perputaran) motor ditentukan oleh jumlah kutub dan frekuensi. Kecepatan putaran medan magnetik motor disebut kecepatan (perputaran) sinkron (No) dan dinyatakan dalam jumlah perputaran per menit (ppm). Hubungan antara perputaran sinkron frekuensi dan jumlah kutub dinyatakan sebagai berikut : Perputaran sinkron

$$(No) = \frac{\text{frekuensi (Hz)}}{\frac{\text{jumlah kutub}}{2}} \times 60$$

Perputaran sinkron (No)

$$\frac{120 \times \text{frekuensi (Hz)}}{\text{jumlah kutub}}$$

Pada motor tak serempak, bila rotor berputar sama dengan kecepatan perputaran magnetik (Nr = No), rotor (kumparan sekunder) tidak memotong fluks magnetik jadi tidak ada tegangan yang diimbaskan ke rotor, sehingga tidak dibangkitkan kopel. Untuk membangkitkan kopel perputaran rotor (Nr) harus lebih rendah dari perputaran medan magnetic (No).

Nisbah (No – Nr) dari perpotongan fluks magnetik terhadap kecepatan sinkron disebut slip (S).

$$S = \frac{No-Nr}{No} \times 100\%$$

$$Nr = \left[1 - \frac{S}{100} \right] ppm$$

2.3. Pembangkitan Kopel

Setelah medan stator (medan putar) terbangkit, medan ini memotong belitan stator (untuk rotor belitan) atau memotong batang konduktor (untuk rotor sangkar). Menurut faraday kejadian diatas menimbulkan tegangan :

$$e = - n \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ Volt}$$

Dimana :

n = banyaknya lilitan pada kumparan
 $\Delta\Phi$ = perubahan fluks magnet (Weber)
 Δt = perubahan waktu (detik)

Jika rangkaian rotor tertutup, maka akan timbul arus dalam rangkaian ini dan akan menyebabkan adanya kerapatan fluks B (fluks/luas) serta L (panjang konduktor) dari rangkaian rotor an arus ini menyebabkan gaya sebesar :

$$F = BIL$$

Dimana :

F = Gaya (N).
 B = Kerapatan fluks (weber).
 I = Arus (A).
 L = Panjang konduktor (m).

Gaya ini akan membangkiykan kopel dngan adanya jari – jari rotor sebesar :

$$T = F.r$$

Dimana :

T = Kopel (Nm).
 r = jari – jari rotor.

Besrnya slip motor induksi dalam prakteknya berkisar 5% - 10%. Untuk lebih jelas dengan memperhatikan perbandingan motor berkutub 2 dan berkutub 4 dengan frekuensi nominal 50 Hz dengan keluaran nominal yang sama misalnya 5,5 kW, maka dapat di cari nilai putaran rotor dan besarnya kopel dianggap nilai slip (S) = 6%

Untuk motor berkutub 2 didapat,
Besarnya putaran sinkron (Ns) :

$$\frac{120 \times \text{frekuensi (hz)}}{\text{jumlah kutub}} =$$

$$\frac{120 \times 50}{2} = 3000 \text{ rpm}$$

Besarnya putaran rotor (Nr) :

$$Nr = Ns \left\{ 1 - \frac{s}{100} \right\} =$$

$$3000 \left\{ 1 - \frac{6}{100} \right\} = 2820 \text{ rpm}$$

Besarnya kopel beban penuh adalah :

$$\text{Kopel beban penuh} = \frac{\text{keluaran nominal (kw)}}{\text{putaran beba penuh (rpm)}} \times 974 \text{ (kg.m)}$$

$$\text{Kopel beban penuh} = \frac{5.5 \text{ (kw)}}{2820} \times 974 \text{ (kg.m)} = 1,9 \text{ kg.m}$$

Untuk motor berkutub 4 didapat :

Besar putaran sinkron (Ns) :

$$\frac{120 \times \text{frekuensi (Hz)}}{\text{jumlah kutub}} = \frac{120 \times 50}{4}$$

$$= 1500 \text{ rpm}$$

Besar putaran rotor (Nr) :

$$Nr = Ns \left\{ 1 - \frac{s}{100} \right\} =$$

$$1500 \left\{ 1 - \frac{6}{100} \right\} = 1410 \text{ rpm}$$

Besarnya kopel adalah :

$$\text{Kopel beban penuh} = \frac{\text{keluaran nomknal (kw)}}{\text{putaran bebabn penuh (rpm)}} \times 974 \text{ (kg.m)}$$

$$\text{Kopel beban penuh} = \frac{5.5 \text{ (kw)}}{1410 \text{ (rpm)}} \times 974 \text{ (kg.m)} = 3,8 \text{ kg.m}$$

Dari contoh kasus diatas dapat disimpulkan bahwa : Dalam pemilihan putaran motor perlu mempertimbangkan karakteristik dari mesin beban, hal ini karena semakin cepat perputaran rotor makin kecil kopel yang dibangkitkan dan sebaliknya semakin kecil putaran rotor semakin besar kopel yang dibangkitkan.

Sebagai contoh pemilihan motor

untuk beban sebagai berikut :

- ❖ Pompa terutama digunakan motor berkutub 4.
- ❖ Kompresor terutama digunakan motor berkutub 4 dan 6 dengan penggerak sabuk, dan berkutub 6 atau 8 dengan kopleng langsung.

- ❖ Penghembus kipas angin : terutama motor berkutub 2 dan 4.
- ❖ Penghancur fris : terutama dipakai berkutub 6,8 atau 10.

2.4. Kopel Asut Dan Kopel Pengunci Dari Beban

Ketika memilih motor, kopel asut dan kopel pengunci (kopel maksimum) dari mesin beban harus diperhatikan. Besarnya kopel asut dan kopel pengunci dari motor dinyatakan dalam prosen. Dan besarnya kopel nominal adalah :

$$\text{Kopel nominal} = \frac{\text{Keluaran nominal (Kw)}}{\text{Putaram (Rpm)}} \times 974 \text{ (kg/m)} [1]$$

2.5. Menentukan Daya Yang Diperlukan Untuk Beban Konstan

a. Untuk Mengangkat Obyek

Bila obyek W (kg) diangkat melawan gravitasi untuk l (meter) pada kecepatan konstan dengan waktu t (second), maka kakas F dan daya P sebagai berikut :

$$F = W.l \text{ (kg.m)}$$

$$P = W.l / t \text{ (kg.m / s) dan karena}$$

$$l/t = v = \text{m/s maka :}$$

$$P = W.v \text{ (kg.m / s)}$$

Bila satuan gravitasi kg.m dirubah 1

$$\text{(kg.m / s)} = 9,8 \text{ (J / s)} = 9,8 \text{ (W)}$$

$$P = 9,8 W.v \text{ (Watt)}$$

Karena P adalah daya yang diperlukan untuk kerja, dan efisiensi motor ($\eta\%$) maka keluaran mekanis Pm motor adalah :

$$Pm = 9,8 W.v.10^{-3}.(100 / \eta)$$

$$\text{(kW) atau}$$

$$Pm = (W.v / 102) . (100 / \eta)$$

$$\text{dalam (kW)} [1]$$

Untuk menentukan motor yang sebenarnya, perlu memperhatikan kakas geser yang berubah-ubah, kopel asut dan tegangan poros serta factor keselamatan dari rancangan dan produksinya.

Contoh perhitungan (mesin pengangkat kran/wins) Mesin kran diperlukan untuk mngangkat obyek 4,5 Ton, dengan kecepatan 12 m/min, dan koefisien atau efisiensi 85%. Berapakah keluaran motor harus dipilih ?

Penyelesaian :

Berdasarkan $P_m = (W.v / 102). (100 / \eta)$ dalam (kW)

$$P_m = (4,5.1000. (12 / 60) / 102) (100 / 85) = 10,4 \text{ kW}$$

Dengan memperhatikan beberapa factor motor dengan keluaran nominal 11 kW dapat dipilih.

b. Untuk Menggerakkan Obyek Horizontal

Bila suatu obyek w (kg) digerakan mendatar pada kecepatan v (m/s), dengan memperhatikan koefisien geser μ , maka P_m adalah :

$$P_m = 9,8 \mu . W . v . 103 . . (100 / \eta) \text{ (kW) atau}$$

$$P_m = (\mu W.v / 102) . (100 / \eta) \text{ (kW)}$$

Sebagai contoh konveyer sabuk

Apabila koefisien geser (μ) = C terdiri – dari

1. C_1 = koefisien geser yang ditentukan oleh puli pembawa, berat sabuk, pembawa bantalan puli per meter konveyer dalam keadaan tanpa beban (hambatan perjalanan) (Kg.W/m).
 2. C_2 = Koefisien yang memberikan hambatan perjalanan karena beban
- Nilai C_1 dan C_2 tergantung dari pembuatan dan perawatan, untuk bantalan bola nilai C_1 seperti pada table dibawah ini, dan $C_2 = 0,01 - 0,015$.

3. Metode Penelitian

3.1. Langkah – langkah Penelitian

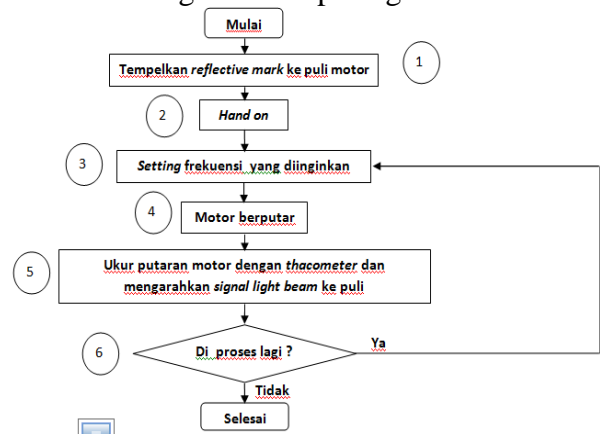
Dalam melakukan penelitian ini, penulis mempersiapkan peralatan, dan langkah – langkah dalam perencanaan analisa pengukuran kecepatan motor 3 fasa berdasarkan frekuensi. Adapun peralatan yang digunakan dalam melakukan pengukuran adalah :

1. 1 unit Motor induksi 3 fasa dengan spesifikasi *TECO*, 11kW, 1455 rpm, IP 54, 15Hp, 22.6A.
2. 1 unit Konventor frekuensi *DANFOSS, HVAC Drive FC 102*, 1,1 – 90 kW.
3. 1 unit Digital *photo Thacometer model DT – 2234C*.

Sebelum melakukan langkah – langkah percobaan, penulis akan menjelaskan apa arti IP dalam *name plate* yang tertara pada sebuah motor induksi. IP atau disebut (*International Protection*) secara umum merupakan jenis pengkodean proteksi suatau alat yang menggambarkan ketahanan alat tersebut terhadap kontakmlangsung maupun benda asing seperti debu atau air. IP pada *name plate* motor terdiri dari dua angka yan memiliki arti ketahanan alat tersebut terhadap benda asing.[4]

Angka pertama menandakan tingkat ketahanan alat tersebut terhadap benda asing (padat) dan debu, sedangkan angka kedua menandakan tingkat ketahanan alat tersebut terhadap rembesan benda cair atau air yang dapat menyusup masuk kedalam alat. Semakin tinggi angka yang tertera pada kode IP (angka pertama 0-6, angka kedua 0-8) maka semakin tinggi tingkat ketahanan alat tersebut terhadap benda padat maupun cair. Dan tentu saja semakin tinggi alat IP suatu alat, maka harga alat tersebut akan semakin mahal. Jadi arti IP 54 yang tertera pada *name plate* motor untuk percobaan adalah mempunyai perlindungan terhadap debu dan terlindung dari air yang datang dari segala arah.

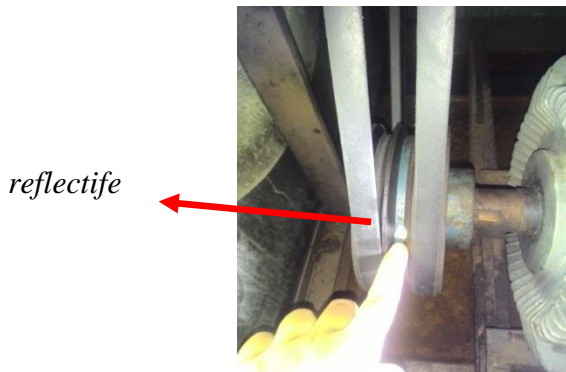
Langkah - langkah percobaan dapat dilihat dari diagram blok pada gambar 2



Gambar 2. Diagram Blok Langkah Percobaan

Untuk lebih lebih jelasnya di bawah ini adalah gambar nyata dari langkah - langkah analisa percobaan pengukuran kecepatan motor 3 fasa yang berdasarkan frekuensi.

1. Tempelkan *reflective mark* ke puli yang bertujuan agar sinar laser yang keluar dari *thacometer* dapat membaca perputan puli motor. *Reflective mark* adalah sejenis kertas atau plastik yang bisaempel dan juga memantulkan cahaya yang berfungsi sebagai penanda yang bisa terbaca oleh sinar *tachometer*.



Gambar 3. Langkah Percobaan Pertama

2. Tekan tombol *hand on* yang terdapat pada LCP (*Local Control Panel*) konverter frekuensi, ini bermaksud pengoperasian dengan cara manual. Tombol *hand on* adalah untuk memulai konverter frekuensi di kontrol lokal, dengan sisitem kerja eksternal memberhentikan sinyal dengan mengontrol komunikasi input atau komunikasi serial mengesampingkan *hand on* lokal.



a. Local Control Panel



b. Tampilan Layar LCP

Gambar 4. Langkah Percobaan Kedua

3. *Setting* frekuensi dengan menekan tombol *navigasi* sampai motor berputar. Ketika konverter di hidupkan motor tidak langsung berputar karena nilai frekuensi berada pada nilai 0 Hz. Oleh sebab itu perlu menekan tobol *navigasi* untuk men *sett* nilai frekuensi yang diinginkan.



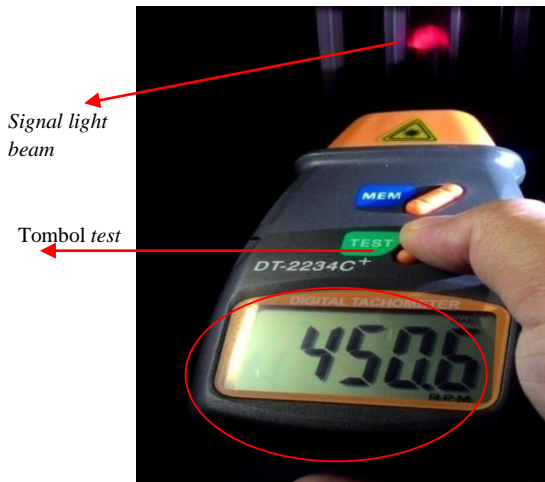
(a) Penyetingan frekuensi



(b) Tombol Penyearah

Gambar 5. Langkah Percobaan Ketiga

4. Setelah motor berputar ukur putaran motor dengan mengarahkan *signal light beam* kearah puli dengan menekan tombol *test* yang terdapat pada *tachometer*.

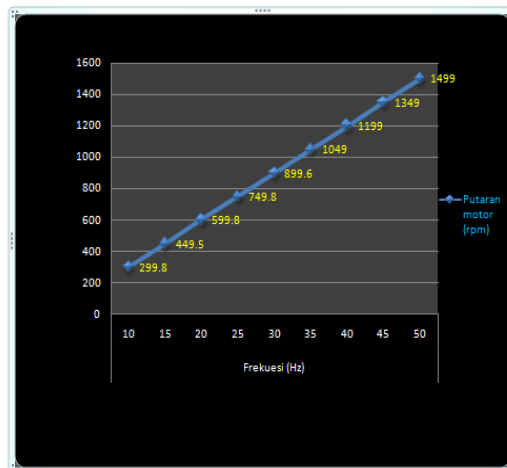


Gambar 6. Langkah Percobaan Keempat 5. Jika semua langkah percobaan satu sampai empat sudah dilakukan, maka yang terakhir adalah hasil pengukuran akan terbaca oleh tachometer yang bisa dilihat pada layar panel kontrol. Ulangi pengukuran pada poin no 3 sampai frekuensi max 50 Hz.

Frekuensi (HZ)	Putaran motor (rpm)	Amper pada awal star awal (A)	Amper pada saat putaran stabil (A)	Dava motor pada awal start(kW)	Dava motor pada saat putaran stabil (kW)
10	299.8	11.2	8.03	0.19	0.16
15	449.5	8.03	2.26	0.07	0.02
20	599.8	2.26	2.30	0.07	0.03
25	749.8	2.30	2.30	0.08	0.04
30	899.6	2.31	2.29	0.10	0.06
35	1049	2.31	2.27	0.12	0.07
40	1199	2.33	2.27	0.14	0.09
45	1349	2.32	2.29	0.18	0.14
50	1499	2.32	2.29	0.21	0.15

Hasil pengukuran ini menggunakan motor tanpa beban, dikarenakan pada saat pengukuran tidak mau mengambil resiko sebab motor dikopel pada baling – baling AHU menggunakan v-belt. Jadi kemungkinan beresiko terkena putran baling – baling atau terkena v-belt yang berputar pada puli motor. Juga mencegah terjadinya kerusakan sistem dikarenakan alat tersebut alat untuk sistem tata udara yang terdapat di PT. First Jakarta International, dan bukan alat uji praktek lab. Angka hasil pengukuran ini tidak berpengaruh signifikan dengan motor menggunakan beban atau tidak menggunakan beban.

4. Analisa Hasi Penelitian

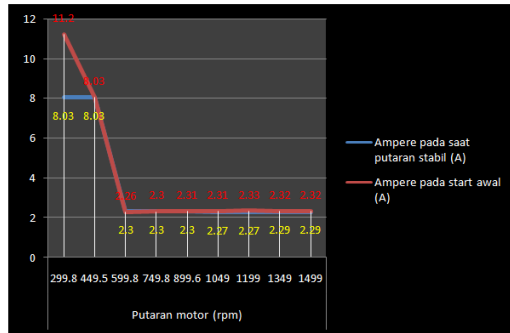


Gambar 8. Grafik Putaran Motor Dan Frekuensi

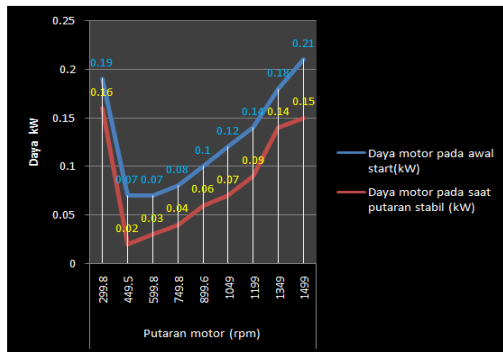


Gambar 7. Langkah Percobaan Kelima Dari percobaan di atas maka diperoleh data hasil pengukuran kecepatan putaran motor berdasarkan frekuensi perhatikan tabel 1.

TABEL 1. Data Hasil Penelitian Analisa Pengukuran Kecepatan Motor 3 Fasa Berdasarkan Frekuensi



Gambar 9. Grafik Perbandingan Arus Pada Start Awal Dan Saat Putaran Stabil.



Gambar 10. Grafik Perbandingan Daya Pada Start Awal Dan Saat Putaran Stabil.

Dari hasil percobaan, maka kita bisa membandingkan hasil perhitungan dengan teori yang berdasarkan rumus percepatan sinkron.

$$\text{Perputaran sinkron (No)} = \frac{120 \times \text{frekuensi (Hz)}}{\text{jumlah kutub}} \quad [1]$$

Diketahui motor 3 fasa dengan kapasitas 11 kW tegangan 380 volt dan 4 kutub. Hitunglah kecepatan putaran motor dari frekuensi 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz, 25 Hz, 30 Hz, 35 Hz, 40 Hz, 45 Hz, dan 50 Hz.

Penyelesaian :

a. $No = \frac{120 \times 10 \text{ Hz}}{4} = 300 \text{ rpm}$

Jadi kecepatan putaran motor dengan nilai frekuensi 10 Hz = 300 rpm.

b. $No = \frac{120 \times 15 \text{ Hz}}{4} = 450 \text{ rpm}$

Jadi kecepatan putaran motor dengan nilai frekuensi 15 Hz = 450 rpm.

c. $No = \frac{120 \times 20 \text{ Hz}}{4} = 600 \text{ rpm}$

Jadi kecepatan putaran motor dengan nilai frekuensi 20 Hz = 600 rpm.

d. $No = \frac{120 \times 25 \text{ Hz}}{4} = 750 \text{ rpm}$

Jadi kecepatan putaran motor dengan nilai frekuensi 25 Hz = 750 rpm.

e. $No = \frac{120 \times 30 \text{ Hz}}{4} = 900 \text{ rpm}$

Jadi kecepatan putaran motor dengan nilai frekuensi 30 Hz = 900 rpm.

f. $No = \frac{120 \times 35 \text{ Hz}}{4} = 1050 \text{ rpm}$

Jadi kecepatan putaran motor dengan nilai frekuensi 35 Hz = 1050 rpm.

g. $No = \frac{120 \times 40 \text{ Hz}}{4} = 1200 \text{ rpm}$

Jadi kecepatan putaran motor dengan nilai frekuensi 40 Hz = 1200 rpm.

h. $No = \frac{120 \times 45 \text{ Hz}}{4} = 1350 \text{ rpm}$

Jadi kecepatan putaran motor dengan nilai frekuensi 45 Hz = 1350 rpm.

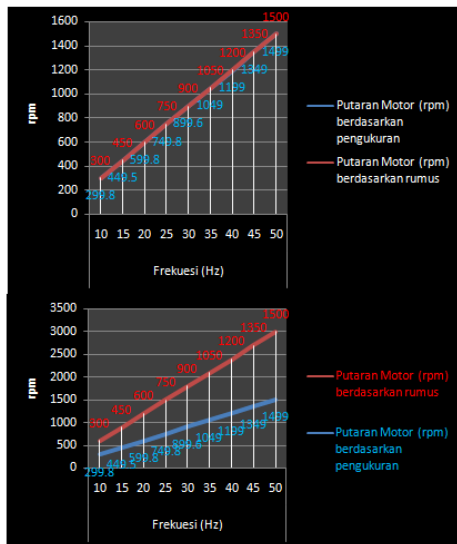
i. $No = \frac{120 \times 50 \text{ Hz}}{4} = 1500 \text{ rpm}$

Jadi kecepatan putaran motor dengan nilai frekuensi 50 Hz = 1500 rpm.

Dari hasil perhitungan secara teori ternyata ada selisih nilai dengan nilai hasil percobaan pengukuran. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel 2.

Hasil Berdasarkan Percobaan Pengukuran		Nilai Hasil Analisa berdasarkan Rumus	
Frekuensi (Hz)	Putaran Motor (rpm)	Frekuensi (Hz)	Putaran Motor (rpm)
10	299.8	10	300
15	449.5	15	450
20	599.8	20	600
25	749.8	25	750
30	899.6	30	900
35	1049	35	1050
40	1199	40	1200
45	1349	45	1350
50	1499	50	1500

Dari tabel 2 nilai putaran motor hasil percobaan pengukuran tidak terlalu signifikan bahkan hampir sama dengan nilai hasil analisa berdasarkan rumus. Maka terbukti bahwa percobaan pengukuran kecepatan motor 3 fasa yang berdasarkan frekuensi sama dengan dasar landasan teori yang sudah dirumuskan.



Gambar 11. Grafik Putaran Motor Berdasarkan Rumus Dan Berdasarkan Pengukuran

Dalam pemilihan putaran motor perlu mempertimbangkan karakteristik dari mesin beban, hal ini karena semakin cepat perputaran rotor makin kecil kopel yang dibangkitkan dan sebaliknya semakin kecil putaran rotor semakin besar kopel yang dibangkitkan. Motor putaran maksimum motor dengan frekuensi 50 Hz dengan jumlah 4 kutub, maka putaran motor tidak akan mencapai kecepatan 1500 rpm dikarenakan terjadinya slip pada saat motor berputar. Rata – rata nilai slip pada prakteknya antara 5 % - 10 %.

Pada percobaan pengkuran ini jenis motor 3 fasa yang digunakan mempunyai spesifikasi : tegangan 380 Volt, daya 11 kW, 1455 rpm, frekuensi 50 Hz.

Maka untuk mencari slip menggunakan rumus putaran rotor (Nr) :

$$Nr = Ns \left\{ 1 - \frac{S}{100} \right\}$$

Nr = Besarnya putaran rotor

Ns = besarnya putaran sinkron

S = Slip

Karena nilai Nr dan Ns sudah diketahui maka berapa persen nilai slip motor itu pada saat berputar dan besaran kopel beban penuh dengan kecepatan maksimal 50 Hz.

Penyelesaian :

$$1455 = 1500 \left\{ 1 - \frac{S}{100} \right\}$$

$$1445 : 1500 = 0,97$$

$$1 - 0,97 = 0,03$$

$$0,03 \times 100 = 3$$

Jadi nilai slip motor tersebut adalah 3 %.

Dan besaran kopel beban penuh adalah

$$\text{Kopel beban penuh} = \frac{\text{keluaran nominal (kW)}}{\text{putaran beban penuh (rpm)}} \times 974 \text{ (kg.m)}$$

$$\text{Kopel beban penuh} = \frac{11 \text{ kW}}{1445 \text{ (rpm)}} \times 974 \text{ (kg.m)} = 7.41 \text{ (kg.m)}$$

Jadi kopel beban penuh = 7.41 (kg.m)

Setelah nilai slip diketahui hasilnya, tentunya besarnya putaran rotor dan besaran kopel bisa dihitung dengan nilai frekuensi dari 10 Hz, 15 Hz, 20 Hz, 25 Hz, 30 Hz, 35 Hz, 40 Hz, 45 Hz.

Penyelesaian :

a. $f = 10 \text{ Hz}, Ns = 300 \text{ rpm}$

$$Nr = Ns \left\{ 1 - \frac{S}{100} \right\}$$

$$Nr = 300 \left\{ 1 - \frac{3}{100} \right\} = 291 \text{ rpm}$$

$$\text{Kopel beban penuh} = \frac{11 \text{ kW}}{291 \text{ rpm}} \times 974 \text{ kg.m} = 36.82 \text{ kg.m}$$

b. $f = 15 \text{ Hz}, Ns = 450 \text{ rpm}$

$$Nr = Ns \left\{ 1 - \frac{S}{100} \right\}$$

$$Nr = 450 \left\{ 1 - \frac{3}{100} \right\} = 436.5 \text{ rpm}$$

$$\text{Kopel beban penuh} = \frac{11 \text{ kW}}{436.5 \text{ rpm}} \times 974 \text{ kg.m} = 24.55 \text{ kg.m}$$

c. $f = 20 \text{ Hz}, Ns = 600 \text{ rpm}$

$$Nr = Ns \left\{ 1 - \frac{S}{100} \right\}$$

$$Nr = 600 \left\{ 1 - \frac{3}{100} \right\} = 582 \text{ rpm}$$

$$\text{Kopel beban penuh} = \frac{11 \text{ kW}}{582 \text{ rpm}} \times 974 \text{ kg.m} = 18.41 \text{ kg.m}$$

d. $f = 25 \text{ Hz}, Ns = 750 \text{ rpm}$

$$Nr = Ns \left\{ 1 - \frac{S}{100} \right\}$$

$$Nr = 750 \left\{ 1 - \frac{3}{100} \right\} = 727.5 \text{ rpm}$$

$$\text{Kopel beban penuh} = \frac{11 \text{ kW}}{727.5 \text{ rpm}} \times 974 \text{ kg.m} = 14.73 \text{ kg.m}$$

e. $f = 30 \text{ Hz}, Ns = 900 \text{ rpm}$

$$Nr = Ns \left\{ 1 - \frac{S}{100} \right\}$$

$$Nr = 900 \left\{ 1 - \frac{3}{100} \right\} = 873 \text{ rpm}$$

$$\text{Kopel beban penuh} = \frac{11 \text{ kW}}{873 \text{ rpm}} \times 974 \text{ kg.m} = 12.27 \text{ kg.m}$$

f. $f = 35 \text{ Hz}$, $N_s = 1050 \text{ rpm}$

$$N_r = N_s \left\{ 1 - \frac{S}{100} \right\}$$

$$N_r = 1050 \left\{ 1 - \frac{3}{100} \right\} = 1018.5 \text{ rpm}$$

$$\text{Kopel beban penuh} = \frac{11 \text{ kW}}{1018.5 \text{ rpm}} \times 974 \text{ kg.m} = 10.52 \text{ kg.m}$$

g. $f = 40 \text{ Hz}$, $N_s = 1200 \text{ rpm}$

$$N_r = N_s \left\{ 1 - \frac{S}{100} \right\}$$

$$N_r = 1200 \left\{ 1 - \frac{3}{100} \right\} = 1164 \text{ rpm}$$

$$\text{Kopel beban penuh} = \frac{11 \text{ kW}}{1164 \text{ rpm}} \times 974 \text{ kg.m} = 9.20 \text{ kg.m}$$

h. $f = 45 \text{ Hz}$, $N_s = 1350 \text{ rpm}$

$$N_r = N_s \left\{ 1 - \frac{S}{100} \right\}$$

$$N_r = 1350 \left\{ 1 - \frac{3}{100} \right\} = 1309.5 \text{ rpm}$$

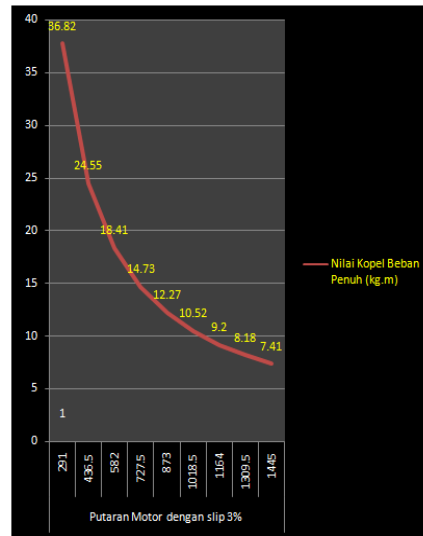
$$\text{Kopel beban penuh} = \frac{11 \text{ kW}}{1309.5 \text{ rpm}} \times 974 \text{ kg.m} = 8.18 \text{ kg.m}$$

Dari hasil perhitungan semakin besar nilai frekuensi pada kecepatan perputaran motor, maka semakin kecil nilai kopel beban penuh motor tersebut. Agar lebih jelas bias dilihat pada tabel 3

Hasil Berdasarkan Percobaan Pengukuran		Nilai Hasil Analisa berdasarkan Rumus		Nilai Hasil Analisa Berdasarkan Rumus dan Nilai Slip 3 %		
Frekuensi (Hz)	Putaran Motor (rpm)	Frekuensi (Hz)	Putaran Motor (rpm)	Frekuensi (Hz)	Putaran Motor (rpm)	Nilai Kopel Beban Penuh (kg.m)
10	299.8	10	300	10	291	36.82
15	44.5	15	450	15	436.5	24.55
20	599.8	20	600	20	582	18.41
25	749.8	25	750	25	727.5	14.73
30	899.6	30	900	30	873	12.27
35	1049	35	1050	35	1018.5	10.52
40	1199	40	1200	40	1164	9.2
45	1349	45	1350	45	1309.5	8.18
50	1499	50	1500	50	1455	7.41

Hasil tabel menunjukkan jika motor di hubungkan dengan beban maka perputaran rotornya akan mengalami penurunan karena disebabkan adanya slip pada motor tersebut, slip pada motor 3 fasa ini mempunyai mempunyai nilai 3% dari perputaran maksimalnya 1500 rpm menjadi 1445 rpm dengan frekuensi 50 Hz. Semakin cepat perputaran motor semakin kecil nilai kopel beban penuh motor tersebut maka bila sebuah motor induksi mempunyai nilai beban kopel semakin kecil, semakin motor tersebut.

besar juga torsi yang di hasil



Gambar 12 Grafik Kopel Beban Penuh Dari Rpm Rendah Sampai Rpm Tinggi.

Hasil grafik menunjukkan perputaran kecepatan penuh mengakibatkan nilai kopel beban penuh semakin kecil begitupun sebaliknya jika kecepatan putaran menurun kopel beban penuh akan semakin besar

5. Kesimpulan

1. Dari percobaan ini jenis motor yang digunakan adalah motor 3 fasa, tegangan 380 Volt, frekuensi 50 Hz, mempunyai 4 kutub putaran maksimal 1500 rpm dengan slip 3%.
2. Dengan mengubah nilai frekuensi maka putaran bisa diubah bisa menjadi lebih cepat atau lebih lambat.
3. Untuk mengubah kecepatan putaran motor harus menggunakan alat pengubah frekuensi tegangan yang disebut dengan konverter frekuensi, ketika motor berputar maka nilai dari putaran bisa di ukur menggunakan alat yaitu *tachometer*.
4. Nilai hasil percobaan pengukuran dengan frekuensi maksimal 50 Hz adalah 1499,5 rpm sedangkan dengan nilai hasil perhitungan secara teori dengan frekuensi yang sama 50 Hz adalah 1500 rpm maka dengan kata lain hasilnya tidak terlaui ada perbedaan yang begitu jauh, bahkan hampir sama

5. Semakin besar nilai frekuensi maka, semakin cepat pula kecepatan motor tersebut berputar, begitupun sebaliknya semakin kecil nilai frekuensi maka, semakin lamban kecepatan perputaran motor tersebut.

6. Semakin banyak jumlah kutub pada motor maka, semakin besar juga nilai kopel beban penuh pada motor tersebut sehingga torsi tenaganya pun lebih besar.

7. Frekuensi dapat menentukan kecepatan perputaran pada motor dan kopel beban penuh motor tersebut. Karena frekuensi berbanding lurus dengan arus yang masuk pada kumparan sehingga fluks berbanding lurus dengan frekuensi. Fluks magnet terjadi gaya gerak listrik atau ggl maka, akan terjadinya putaran pada rotor tersebut.

Induksi 3 Fasa. 11:45 tanggal 22/12/2016

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Ujang, Wiharja. *Diktat Mata Kuliah Mesin Tak Serempak (Induksi)* : 2013
- [2.] Prof.TS.MHD. Soelaiman Mabuchi Magarisawa. *Mesin Tak Serempak Dalam Praktek* : 1995
- [3.] Anoname. *Modul Petunjuk Pengoperasian VLT® HVAC Drive FC 102 (Danfoss)* : Rev 11/06/2014.
- [4.] Soemarno. *Derajat/Tingkat Proteksi Motor Listrik/Sharing Maintenance*. [Online] Soemarno.org>2008/08/14>derajat-tingkatproteksimotorlistrik : 20 Februari 2017 20:45
- [5.] Anoname. *Buku Panduan Operation Manual Digital Tachometer*.
- [6.] Zuriman Anthony, ST, MT. *Jurnal Pengaruh Perubahan Frekuensi Dalam Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Efisiensi Dan Arus Kumparan Motor*. 12:42 tanggal 22/12/2016
- [7.] Isdiyanto. *Jurnal Kompetensi Teknik Dampak Perubahan Putaran Terhadap Unjuk Kerja Motor*