

Study Pengaruh Torsi Terhadap Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan MatLab

Jairo D Sibarani, Glanny M Ch. Mangindaan, Abdul Haris J. Ontowirjo
Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado, Jl. Kampus Bahu-Unsrat Manado, 95115
jairodanielsibarani@gmail.com

Abstract — Induction motor is electrical motor with AC current that is the most used in the industrial, specially three phase induction motor. It is called asincron motor. This motor has simple shape, strong, lower relative, easy to care, and less trouble. The continual uses of electrical motors cause some of troubles. In order to fix the troubles, we need checking. This research uses analysis method and testing method. They are inspection, maintenance, check up of electric motor. The result of those process are data collection of trouble lists and how to fix and repair troubles. Datum are compared with previous condition and datum are analyzed. There are several results of researches. They are noisy motors, motor vibration, and high temperature of motor. This condition occurs due to a motor disorder caused by faulty bearings, rotor shaft is damaged, burned the motor windings. The results of the analysis of the damage that occurs suddenly needed care in a visual manner, inspection, testing and replacement spares parts induction motor, Lutfi Julianto, 2014 Analisis kerusakan dan pengujian motor-motor induksi di Divisi Spun Yarns PT Indorama Synthesics, Tbk Jatiluhur Purwakarta Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu by following the maintenance schedule are made weekly, monthly, and yearly. Maintenance schedule aimed to avoid serious damage.

Abstrak — Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling banyak penggunaannya di industri, terutama motor induksi tiga fasa atau disebut juga motor asinkron, karena jenis motor ini mempunyai bentuk yang sederhana, kokoh, relatif rendah, mudah dirawat, sedikit terdapat gangguan. Dalam dunia industri motor listrik sangat dibutuhkan dan dalam penggunaannya berlangsung terus menerus sehingga tidak lepas dari gangguan dan kerusakan. Untuk mengetahui gangguan dan kerusakan pada motor induksi maka diperlukan suatu pemeriksaan dan pengecekan. penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode analisis dan pengujian, yaitu dengan melakukan pemeriksaan, perawatan, pengecekan kondisi motor listrik/motor yang mengalami kerusakan/bermasalah dilakukan perbaikan untuk memperoleh data-data yang akan dianalisis untuk mendapatkan data kerusakan dan cara memperbaikinya. Data-data yang telah diambil, kemudian dibandingkan dengan data sebelumnya dan dianalisis. Dari hasil penelitian penulis menemukan beberapa kondisi motor tidak bagus/gangguan, diantaranya adalah motor berisik, motor bergetar dan motor pada suhu meningkat. Kondisi ini dikarenakan pada motor tersebut terjadi gangguan yang disebabkan oleh bearing rusak, poros rotor rusak, lilitan motor terbakar, dan saluran pendingin atau kipas motor tidak berfungsi. Hasil analisis kerusakan yang terjadi diperlukan perawatan dengan cara visual, pemeriksaan, pengujian dan penggantian suku cadang bagian motor induksi, dengan

mengikuti jadwal perawatan yang dibuat mingguan, bulanan, dan tahunan. Perawatan sesuai jadwal agar motor tersebut bisa terdeteksi semua permasalahannya sebelum terjadi kerusakan fatal.

I. PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator. Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Hal ini disebabkan karena motor induksi memiliki berbagai keunggulan dibanding dengan motor listrik yang lain, karena harganya yang relatif murah, konstruksinya yang sederhana dan kuat serta karakteristik kerja yang baik. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3 fasa. Motor induksi 3 fasa dioperasikan pada sistem tenaga 3 fasa dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar.

Besarnya torsi yang dapat dihasilkan oleh motor tergantung dengan besarnya beban yang ada pada motor. Torsi berhubungan dengan kemampuan motor untuk menerima beban, jadi torsi motor dipengaruhi oleh beban. Perubahan beban mengakibatkan perubahan kecepatan putar motor akibatnya terjadi perubahan torsi pada motor untuk menyesuaikan dengan torsi beban, sehingga penulis mengangkat judul “Studi Pengaruh Torsi Beban Pada kinerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Matlab”

II. Landasan Teori

A. Motor Induksi 3 Fasa

Motor induksi 3 fasa merupakan mesin yang digunakan dalam dunia kelistrikan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik yang dihasilkan didapat dari induksi medan magnet yang terjadi akibat kumparan pada stator yang dihubungkan ke arus 3 fasa. Setiap fasa dalam kumparan stator akan mengalami hal yang sama karena setiap fasa dialiri arus, namun besarnya fluks yang dihasilkan tidak sama di setiap waktu. Hal ini disebabkan besarnya arus yang berbeda-beda pada tiap fasa di tiap waktunya. Misalkan fasa-fasa ini diberi nama a, b, dan c. Ada kalanya arus pada fasa a maksimum sehingga menghasilkan fluks maksimum dan arus fasa b tidak mencapai maksimum, dan ada kalanya arus pada fasa b maksimal sehingga menghasilkan fluks maksimum dan arus pada fasa a tidak mencapai

maksimum. Hal ini mengakibatkan fluks yang dibangkitkan lebih cenderung pada fasa mana yang mengalami kondisi arus paling tinggi. Secara tidak langsung dapat dikatakan bahwa medan magnet yang dibangkitkan juga ikut “berputar” seiring waktu. Kecepatan putaran medan magnet ini disebut kecepatan sinkron. Dan kecepatan putaran medan magnet ini yang akan memutar rotor pada motor

-Konstruksi Motor Induksi 3 Fasa

Secara umum konstruksi motor induksi tiga fasa terdiri dari stator dan rotor. Stator merupakan bagian dari mesin yang tidak berputar dan terletak pada bagian luar. Sedangkan rotor merupakan bagian dari mesin yang berputar dan letaknya pada bagian dalam

1. Stator

Stator adalah bagian dari mesin yang tidak berputar yang terletak pada bagian luar dan merupakan tempat mengalirkan arus beban. Stator terbuat dari besi bundar berlaminasi yang mempunyai alur-alur sebagai tempat meletakkan kumparan. Elemen laminasi inti dibentuk dari lembaran besi, tiap lembaran besi tersebut memiliki beberapa alur dan beberapa lubang pengikat untuk menyatukan inti. Tiap kumparan tersebar dalam alur yang disebut belitan fasa dimana untuk motor tiga fasa, belitan tersebut terpisah secara listrik sebesar 120° . Alur pada tumpukan laminasi inti diisolasi dengan kertas. Kemudian tumpukan inti dan belitan stator diletakkan dalam cangkang silindris. Berikut ini contoh lempengan laminasi inti, lempengan inti yang telah disatukan, dan belitan stator yang telah dilekatkan pada cangkang luar untuk motor induksi tiga fasa.

2. Rotor

Rotor adalah bagian dari mesin yang berputar dan letaknya pada bagian dalam. Pada motor induksi terdapat dua tipe rotor yang berbeda yaitu rotor sangkar tupai dan rotor belitan. Kedua tipe rotor ini menggunakan laminasi melingkar yang terikat erat pada poros. Penampang rotor sangkar tupai memiliki konstruksi yang sederhana. Batang rotor dan cincin ujung sangkar tupai yang kecil merupakan coran tembaga atau aluminium dalam satu lempeng pada inti rotor. Pada motor yang lebih besar, batang rotor dibenamkan dalam alur rotor dan kemudian di las dengan kuat ke cincin ujung. Apabila dilihat tanpa inti rotor, maka batang rotor ini kelihatan seperti kandang tupai. Oleh karena itu motor induksi dengan rotor sangkar tupai dinamakan motor induksi sangkar tupai. Pada ujung cincin penutup delekatkan kipas yang berfungsi sebagai pendingin. Rotor jenis ini tidak terisolasi, karena batangan dialiri arus yang besar pada tegangan rendah.

Motor induksi tiga fasa adalah peralatan pengubah energi listrik ke bentuk energi mekanik, listrik yang diubah merupakan listrik tiga fasa. Dalam motor induksi, tidak ada hubungan listrik ke rotor, arus rotor merupakan arus induksi. Tetapi ada kondisi yang sama seperti motor dc, dimana pada rotor mengalir arus. Arus ini berada dalam medan magnetik sehingga akan terjadi

gaya F pada rotor yang akan menggerakkan rotor dalam arah tegak lurus medan. Untuk memperjelas prinsip kerja motor induksi tiga fasa, maka dapat dijabarkan dalam langkah-langkah berikut:

1. Apabila terminal stator motor induksi tiga fasa dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fasa, maka pada kumparan stator mengalir arus tiga fasa.
2. Arus pada tiap fasa menghasilkan fluksi bolak-balik yang berubah-ubah.
3. Penjumlahan atau interaksi ketiga fluksi bolak-balik tersebut menghasilkan medan putar yang berputar dengan kecepatan putar sinkron N_s . Besarnya nilai N_s ditentukan oleh jumlah kutub p dan frekuensi stator f yang dirumuskan dengan :

$$N_s = \frac{120f}{p} \text{ (rpm)}$$

Dimana :

f = Frekuensi Sumber

p = jumlah kutub

N_s = Kecepatan sinkron (Rpm)

-Prinsip Kerja Motor Induksi 3 Fasa

Pada keadaan beban nol ketiga fasa stator yang dihubungkan dengan sumber tegangan tiga fasa yang setimbang menghasilkan arus pada tiap belitan fasa. Arus pada tiap fasa menghasilkan fluksi bolak-balik yang berubah-ubah. Amplitudo fluksi yang dihasilkan berubah secara sinusoidal dan arahnya tegak lurus terhadap belitan fasa. Akibat fluksi yang berputar timbul ggl pada stator motor yang besarnya adalah

$$e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt} \text{ (volt)}$$

Atau

$$E_2 = 4,44 f N_2 \phi_m \text{ (volt)}$$

Dimana :

E_2 = Tegangan induksi pada rotor saat rotor dalam keadaan diam

N_2 = Jumlah lilitan kumparan rotor

ϕ_m = Fluks maksimum (Weber)

Karena kumparan rotor merupakan rangkaian tertutup, maka ggl tersebut akan menghasilkan arus I_2 . Adanya arus I_2 di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya F pada rotor. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya F cukup besar untuk memikul

kopel beban, rotor akan berputar searah medan putar stator. Perputaran rotor akan semakin meningkat hingga mendekati kecepatan sinkron. Perbedaan kecepatan medan stator (n_s) dan kecepatan rotor (n_r) disebut slip (s) dan dinyatakan dengan:

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\%$$

Pada saat rotor dalam keadaan berputar, besarnya tegangan yang terinduksi pada kumparan rotor akan bervariasi tergantung besarnya slip. Tegangan induksi ini dinyatakan dengan E_{2s} yang besarnya :

$$E_{2s} = 4,44 f_2 N_2 \phi_m \text{ (volt)}$$

Dimana :

E_{2s} = tegangan induksi pada rotor dalam keadaan berputar (Volt)

$f_2 = s \cdot f$ = frekuensi rotor (frekuensi tegangan induksi pada rotor dalam keadaan berputar)

Bila $n_s = n_r$, tegangan tidak akan terinduksi dan arus tidak akan mengalir pada kumparan rotor, karenanya tidak dihasilkan kopel. Kopel ditimbulkan jika $n_r < n_s$

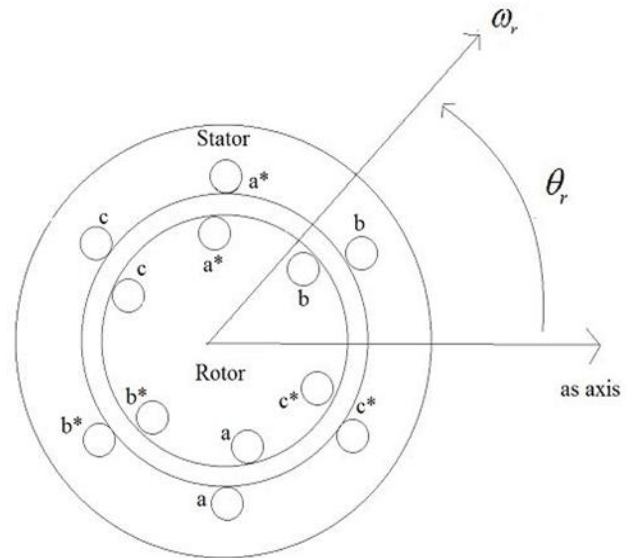
Idealnya motor induksi 3 fasa diasumsikan memiliki celah udara yang simetris

Model qd0 reference frame biasanya dipilih atas dasar kenyamanan atau kesesuaian dengan representasi dari komponen jaringan lainnya

Model Sirkuit dari motor induksi 3 fasa digambarkan menjadi Dimana as,bs,cs berarti lilitan stator dari masing masing fasa a,b dan c begitu juga dengan ar,br,cr yang menunjukkan lilitan rotor dari masing masing fasa a,b,dan c sedangkan θ_r adalah sudut perpindahan lilitan stator fasa a dari as, dengan menggunakan percepatan rotasi sudut (ω_r) sudut θ_r ditulis dengan persamaan

$$\theta_r = \int_0^t \omega_r dt + \theta_r$$

Persamaan induktansi antara stator dan rotor berubah ketika rotor bergerak melalui sudut .Arus rotor fasa a () menghasilkan aliran dalam lilitan stator fasa a ditunjukkan dalam persamaan



$$\begin{bmatrix} \Psi_{sa} \\ \Psi_{sb} \\ \Psi_{sc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_s + L_{ss} & -L_{ss}/2 & -L_{ss}/2 \\ -L_{ss}/2 & l_s + L_{ss} & -L_{ss}/2 \\ -L_{ss}/2 & -L_{ss}/2 & l_s + L_{ss} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix} + M_{sr} \begin{bmatrix} \cos \theta_r & \cos \left(\theta_r + \frac{2}{3} \pi \right) & \cos \left(\theta_r - \frac{2}{3} \pi \right) \\ \cos \left(\theta_r - \frac{2}{3} \pi \right) & \cos \theta_r & \cos \left(\theta_r + \frac{2}{3} \pi \right) \\ \cos \left(\theta_r + \frac{2}{3} \pi \right) & \cos \left(\theta_r - \frac{2}{3} \pi \right) & \cos \theta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ra} \\ i_{rb} \\ i_{rc} \end{bmatrix}$$

Jika $\theta_r = 0$, semua aliran dari i_{ra} melewati L_{ss} dan persamaan induktansi adalah M_{sr} . Sebagaimana komponen kosinus dari i_{ra} melewati L_{ss} , persamaan induktansi menjadi $M_{sr} \cos \theta_r$. Hubungan aliran dalam lilitan tiga fasa dari stator dan rotor didefinisikan sebagai $\Psi_{sa}, \Psi_{sb}, \Psi_{sc}$ untuk stator dan $\Psi_{ra}, \Psi_{rb}, \Psi_{rc}$ untuk rotor

Persamaan aliran dalam lilitan rotor ditunjukkan dalam persamaan :

$$\begin{bmatrix} \Psi_{ra} \\ \Psi_{rb} \\ \Psi_{rc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} l_r + L_{rr} & -L_{rr}/2 & -L_{rr}/2 \\ -L_{rr}/2 & l_r + L_{rr} & -L_{rr}/2 \\ -L_{rr}/2 & -L_{rr}/2 & l_r + L_{rr} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{ra} \\ i_{rb} \\ i_{rc} \end{bmatrix}$$

$$+M_{sr} \begin{bmatrix} \cos \theta_r & \cos\left(\theta_r - \frac{2}{3}\pi\right) & \cos\left(\theta_r + \frac{2}{3}\pi\right) \\ \cos\left(\theta_r + \frac{2}{3}\pi\right) & \cos \theta_r & \cos\left(\theta_r - \frac{2}{3}\pi\right) \\ \cos\left(\theta_r - \frac{2}{3}\pi\right) & \cos\left(\theta_r + \frac{2}{3}\pi\right) & \cos \theta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sa} \\ i_{sb} \\ i_{sc} \end{bmatrix}$$

Persamaan tegangan pada stator dapat ditulis sebagai :

$$V_{as} = i_{as} r_s + \frac{d\lambda_{as}}{dt}$$

$$V_{bs} = i_{bs} r_s + \frac{d\lambda_{bs}}{dt}$$

$$V_{cs} = i_{cs} r_s + \frac{d\lambda_{cs}}{dt}$$

Persamaan tegangan pada rotor dapat ditulis sebagai

$$V_{ar} = i_{ar} r_r + \frac{d\lambda_{ar}}{dt}$$

$$V_{br} = i_{br} r_r + \frac{d\lambda_{br}}{dt}$$

$$V_{cr} = i_{cr} r_r + \frac{d\lambda_{cr}}{dt}$$

Persamaan hubungan flux dari belitan stator dan rotor dalam lilitan arus dan induktansi ditulis sebagai:

$$\begin{bmatrix} \lambda_s^{abc} \\ \lambda_r^{abc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{ss}^{abc} & L_{sr}^{abc} \\ L_{rs}^{abc} & L_{rr}^{abc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_s^{abc} \\ i_r^{abc} \end{bmatrix}$$

Dimana :

$$\lambda_s^{abc} = (\lambda_{as}, \lambda_{bs}, \lambda_{cs})^t$$

$$\lambda_r^{abc} = (\lambda_{ar}, \lambda_{br}, \lambda_{cr})^t$$

$$i_s^{abc} = (i_{as}, i_{bs}, i_{cs})^t$$

$$i_r^{abc} = (i_{ar}, i_{br}, i_{cr})^t$$

t yang ditulis diatas menunjukkan perubahan susunan himpunan

submatriks lilitan induktansi dari stator ke rotor dan rotor ke rotor formasinya adalah :

$$L_{ss}^{abc} = \begin{pmatrix} L_{Is} + L_{ss} & L_{sm} & L_{sm} \\ L_{sm} & L_{Is} + L_{ss} & L_{sm} \\ L_{sm} & L_{sm} & L_{Is} + L_{ss} \end{pmatrix} H$$

$$L_{rr}^{abc} = \begin{pmatrix} L_{Ir} + L_{rr} & L_{rm} & L_{rm} \\ L_{rm} & L_{Ir} + L_{rr} & L_{rm} \\ L_{rm} & L_{rm} & L_{Ir} + L_{rr} \end{pmatrix} H$$

Kesamaan induktansi dari stator dan rotor tergantung pada sudut rotor ditulis menjadi :

$$L_r^{abc} = [L_{rs}^{abc}]^t = L_{sr} \begin{pmatrix} \cos \theta_r & \cos\left(\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\left(\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos \theta_r & \cos\left(\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\left(\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos \theta_r \end{pmatrix} H$$

Dimana :

L_{Is} = hubungan induktansi lilitan stator per fasa

L_{Ir} = hubungan induktansi lilitan rotor per fasa

L_{ss} = induktansi diri dari lilitan stator

L_{rr} = induktansi diri dari lilitan rotor

L_{sm} = kesamaan induktansi antar lilitan stator

L_{rm} = kesamaan induktansi antar lilitan rotor

L_{sr} = nilai puncak dari kesamaan induktansi stator ke rotor

Model motor induksi 3 fasa dapat di transformasikan dalam perubahan bingkai referensi model qd0. Bingka referensi model qd0 ini biasanya dipilih untuk digunakan atas dasar kenyamanan dan kesesuaian dengan perwakilan dari komponen jaringan yang ada pada motor induksi 3 fasa. Ada dua jenis bingkai referensi yang biasa digunakan dalam permodelan motor:

-Stationary reference frame (bingkai referensi stationary)

-synchronously rotating reference frame (rotasi sinkron)

Masing masing digunakan memiliki fungsi tersendiri untuk

tujuan yang berbeda. Dalam Stationary reference frame

variable dq di motor adalah sama seperti yang normal

digunakan dalam jaringan supply pilihan ini adalah yang

ternyaman ketika memodelkan dan menganalisis jaringan

supply yang besar dan banyak sedangkan pada synchronously

rotating reference frame variable dq itu stabil dan untuk model

sinyal yang kecil

Hubungan antara abc dan qd0 dapat digambarkan menjadi :

Pertama kita harus memperoleh persamaan dari motor induksi dalam arbitrary reference frame yang berotasi pada kecepatan

ω dengan arah rotasi rotor. Motor induksi dalam stationary

reference frame dapat diperoleh dengan mengatur $\omega = \omega_e$

seperti sebelumnya kita akan memulai dari persamaan

tegangan dan persamaan torsi dari motor dalam jumlah fasa.

dengan menggunakan transformasi arbitrary qd0 reference

menghasilkan ke persamaan sesuai persamaan qd0. Hubungan

antara nilai abc dan nilai qd0 dari rotasi reference frame ada

pada sudut kecepatan ω ditulis dalam persamaan :

$$\text{Slip kecepatan} = \omega_{sm} - \omega_{rm}$$

Dimana: ω_{sm} = kecepatan stabil dari rotasi stator

ω_{rm} = kecepatan stabil dari rotasi rotor

Transformasi persamaan dari abc ke qd0 reference frame ditulis menjadi :

$$\begin{bmatrix} f_q \\ f_d \\ f_0 \end{bmatrix} = [T_{qd0}(\theta)] \begin{bmatrix} f_a \\ f_b \\ f_c \end{bmatrix}$$

Dimana variable f bisa menjadi fasa tegangan, arus, atau hubungan flux dari motor

Untuk lebih memperjelas, quadran pertama dari frame rotasi pada kecepatan berubah ubah $\omega(t)$ ditunjukkan pada daerah yang diarsir dari gambar hubungan antara abc dan qd0 diatas . Transformasi sudut $\omega(t)$ antara sumbu q dari kecepatan rotasi reference frame pada ω dan sumbu a dari lilitan stator dalam stationary dapat ditulis menjadi :

$$\theta(t) = \int_0^t \omega(t)dt + \theta(0)$$

Dan juga sudut rotor, $\theta_r(t)$ antara sumbu stator dan fasa rotor untuk rotasi rotor dengan kecepatan $\omega_r(t)$ ditulis menjadi :

$$\theta(t) = \int_0^t \omega_r(t)dt + \theta_r(0)$$

Sudut antara $\theta(0)$ dan $\theta_r(0)$ adalah inisial nilai dari sudut ini pada waktu awal t

Dalam stationary reference frame persamaan tegangan pada stator dan rotor dapat ditransformasikan menjadi model qd0 ditulis sebagai :

-Tegangan lilitan Stator

$$V_{qs}^s = \frac{P}{\omega_b} \Psi_{qs}^s + r_s i_{qs}^s$$

$$V_{0s} = \frac{P}{\omega_b} \Psi_{0s} + r_s i_{0s}$$

-Tegangan lilitan Rotor

$$V_{qr}^{ls} = \frac{P}{\omega_b} \Psi_{qr}^{ls} - \frac{\omega_r}{\omega_b} \Psi_{dr}^{ls} + r_r i_{qr}^{ls}$$

$$V_{dr}^{ls} = \frac{P}{\omega_b} \Psi_{dr}^{ls} - \frac{\omega_r}{\omega_b} \Psi_{qr}^{ls} + r_r i_{dr}^{ls}$$

$$V_{0r}^l = \frac{P}{\omega_b} \Psi_{0r}^l + r_r i_{0r}^l$$

Dengan menggunakan qd0 model stationary reference frame persamaan hubungan flux stator dan rotor di transformasikan menjadi

$$\begin{bmatrix} \Psi_{qs}^s \\ \Psi_{ds}^s \\ \Psi_{0s} \\ \Psi_{qr}^{ls} \\ \Psi_{dr}^{ls} \\ \Psi_{0r}^l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{ls} + x_m & 0 & 0 & x_m & 0 & 0 \\ 0 & x_{ls} + x_m & 0 & 0 & x_m & 0 \\ 0 & 0 & x_{ls} & 0 & 0 & 0 \\ x_m & 0 & 0 & x_{lr} + x_m & 0 & 0 \\ 0 & x_m & 0 & 0 & x_{lr} + x_m & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_{lr}^l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{qs}^s \\ i_{ds}^s \\ i_{0s} \\ i_{qr}^{ls} \\ i_{dr}^{ls} \\ i_{0r}^l \end{bmatrix}$$

Persamaan torsi Stationary reference frame

$$\begin{aligned} T_{em} &= \frac{3}{2} \frac{P}{2\omega_b} (\Psi_{qr}^{ls} i_{dr}^{ls} - \Psi_{dr}^{ls} i_{qr}^{ls}) \\ &= \frac{3}{2} \frac{P}{2\omega_b} (\Psi_{qr}^{ls} i_{dr}^{ls} - \Psi_{dr}^{ls} i_{qr}^{ls}) \\ &= \frac{3}{2} \frac{P}{2\omega_b} x_m (\Psi_{qr}^{ls} i_{dr}^{ls} - \Psi_{dr}^{ls} i_{qr}^{ls}) \text{ N.m} \end{aligned}$$

B. Software Matlab

MATLAB adalah sebuah bahasa dengan kinerja tinggi untuk komputasi masalah teknik. MATLAB mengintegrasikan komputasi, visualisasi, dan pemrograman dalam suatu model yang sangat mudah untuk pakai dimana masalah-masalah dan penyelesaiannya diekspresikan dalam notasi matematika yang familiar. Penggunaan Matlab meliputi

- Matematika dan komputasi
 - Pembentukan algoritma
 - Akusisi data
 - Pemodelan, simulasi, dan pembuatan prototype
 - Analisa data, eksplorasi, dan visualisasi
 - Grafik keilmuan dan bidang rekayasa
- Nama MATLAB merupakan singkatan dari matrix laboratory. Dalam lingkungan perguruan tinggi teknik, Matlab merupakan perangkat standar untuk memperkenalkan dan mengembangkan penyajian materi matematika, rekayasa dan kelimuan. Di industri, MATLAB merupakan perangkat pilihan untuk penelitian dengan produktifitas yang tinggi, pengembangan dan analisisnya. Fitur-fitur MATLAB sudah banyak dikembangkan, dan lebih kita kenal dengan namatoolbox. Sangat penting bagi seorang pengguna MATLAB, toolbox mana yang mendukung untuk learn dan apply technology yang sedang dipelajarinya. Toolbox ini merupakan kumpulan dari fungsi-fungsi MATLAB (M-files) yang telah dikembangkan ke suatu lingkungan kerja MATLAB untuk memecahkan masalah dalam kelas particular.

Area-area yang sudah bisa dipecahkan dengan toolbox saat ini meliputi pengolahan sinyal, system kontrol, neural networks, fuzzy logic, wavelets, dan lain-lain.

III. METODE PENELITIAN

A. Pengambilan data berdasarkan motor yang digunakan

Pada langkah ini, akan dijelaskan mengenai pengamatan terhadap spesifikasi dari motor induksi 3 fasa untuk digunakan sebagai dasar dari studi yang akan dilakukan. data yang akan diambil meliputi :

- Daya (KW)
- kecepatan putar maksimal motor (rpm)
- nilai $\cos \phi$
- Frekuensi (Hz)
- Arus (A)
- Tegangan (V)
- Efisiensi(%)

B. Perancangan CodingMatLab

Pada langkah ini, akan dijelaskan mengenai perancangan perintah atau coding yang akan dibuat menjadi bentuk diagram blok di Aplikasi Matlab untuk dilakukan simulasi pengukuran berdasarkan data yang ada

C. Proses Analisa Melalui Hasil Simulasi MatLAB

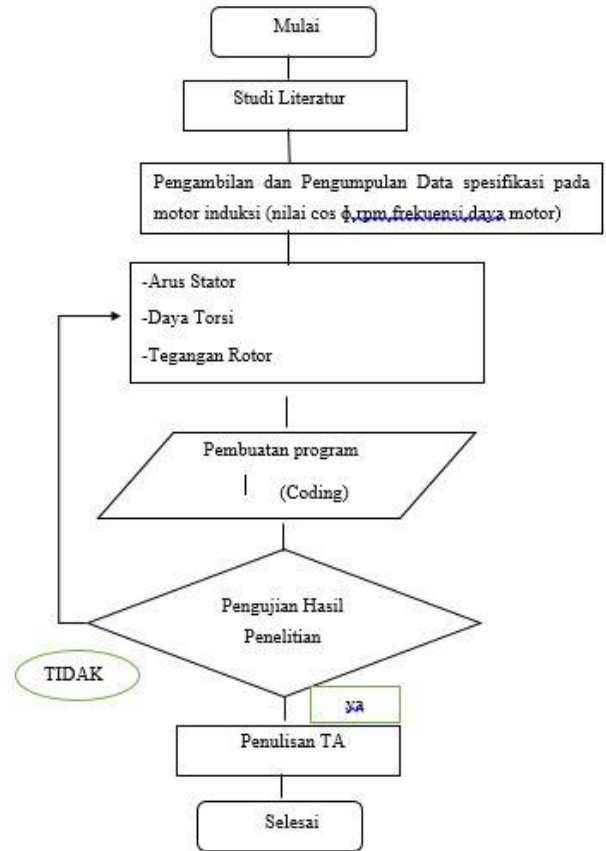
Pada langkah ini, akan dilakukan analisa pada grafik hasil simulasi pada MatLab yang berupa :

- Tegangan Fasa Stator
- Tegangan Murni Stator
- Arus Stator
- Daya Torsi
- Percepatan Torsi

D. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan pada Bulan Juni – Agustus 2019. Penelitian akan dilaksanakan di PLTP Lahendong , Tomohon. Perhitungan dan analisa penelitian di Laboratorium Tenaga Listrik Fakultas Teknik jurusan Teknik Elektro Universitas Sam Ratulangi Manado.

E. Flowchart Program



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A.Data Pada Motor Induksi 3 Fasa

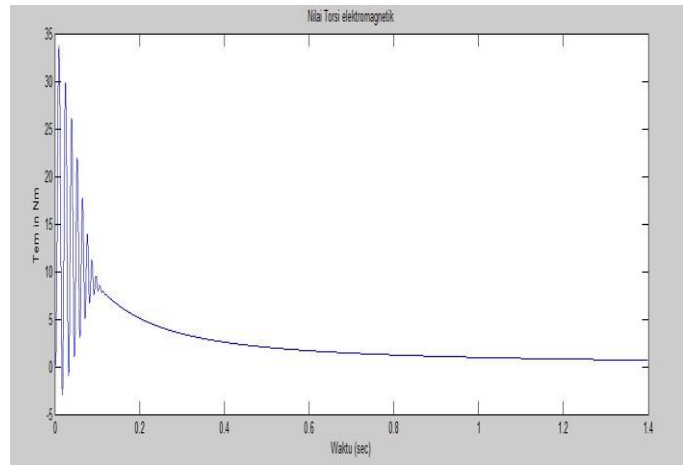
Pada study motor ini saya menggunakan 2 sampel motor induksi 3 fasa yang mana disini 2 motor memiliki spesifikasi yang berbeda dengan jenis motor yang sama dan berikut adalah spesifikasi dari masing masing motor yang dipakai untuk studi kinerjanya berdasarkan torsi beban

1.Motor Pertama(Compressor)

Poles	2
KW	18,5
HP	20
RPM	2940
Eff (%)	91
Cos ϕ	0,90
I(A)	33,4
V	400
F(Hz)	50
Nilai Torsi (Nm)	49
Weight (Kg)	138

2.Motor Kedua(Motor Cooling Water Pump)

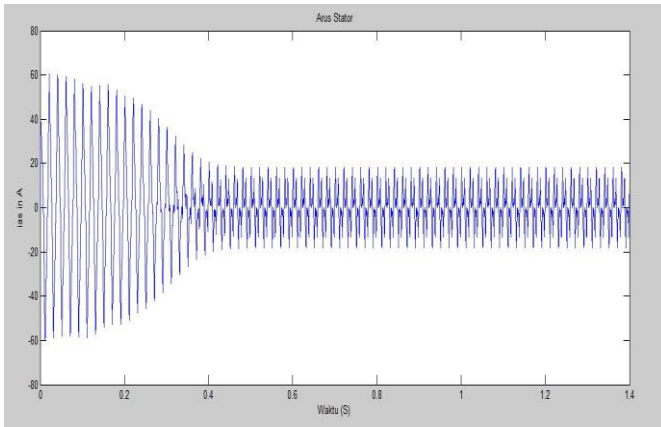
Poles	2
KW	11
HP	40
RPM	1450
Eff (%)	92
Cos ϕ	0,89
I(A)	52,30
V	380
F(Hz)	50
Nilai Torsi (Nm)	97,50
Weight (Kg)	244



Gambar 2 . Grafik Nilai Torsi Elektromagnetik Motor Pertama

B . Pembahasan Grafik Hasil Simulasi

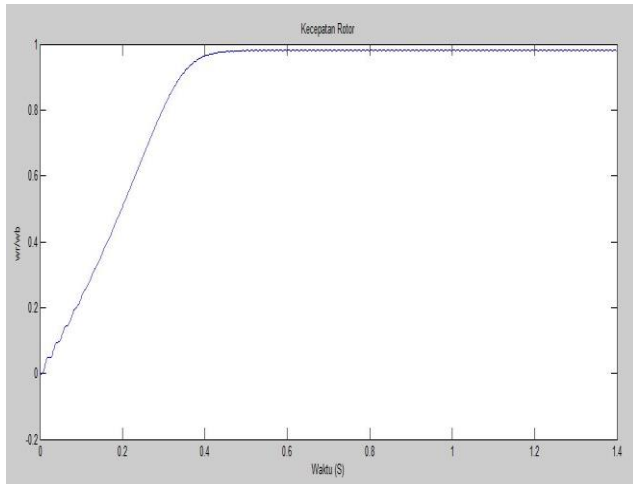
1. Motor Pertama (Compressor) dalam kondisi beban normal



Gambar 1 . Grafik Arus Stator Motor pertama

T (waktu dalam second)	Nilai torsi (Nm)
0,1	8,4
0,2	5,1
0,3	3,4
0,4	2,5
0,5	2,03
0,6	1,6
0,7	1,4
0,8	1,2
0,9	1,08
1	0,96
1,1	0,87
1,2	0,79
1,3	0,73
1,4	0,67

T (Waktu dalam second)	Nilai Arus Stator
0,1	59,6
0,2	51,3
0,3	35,9
0,4	20,1
0,5	19,6
0,6	-8,5
0,7	19,6
0,8	-5,5
0,9	19,6
1	-5,5
1,1	19,6
1,2	-5,5
1,3	19,6
1,4	-5,5



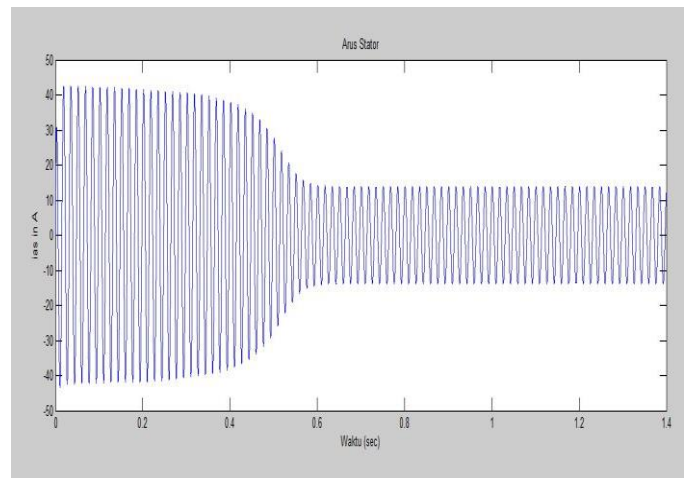
Gambar 3. Grafik Kecepatan rotasi Rotor Motor Pertama

T (Waktu dalam second)	Nilai Kecepatan Rotasi
0,1	0,2
0,2	0,5
0,3	0,76
0,4	0,94
0,5	0,92
0,6	0,97
0,7	0,95
0,8	0,97
0,9	0,95
1	0,97
1,1	0,95
1,2	0,97
1,3	0,95
1,4	0,97

pada grafik hasil simulasi motor compressor pada keadaan beban normal bahwa nilai torsi elektromagnetik berpengaruh terhadap kecepatan rotasi putar rotor, pada saat nilai torsi elektromagnetik mulai terjadi peningkatan nilai yang tinggi dan mulai terjadi penurunan secara bertahap pada detik ke 0,4 mulai stabil pada angka yang mendekati 0 dan disaat bersamaan ada peningkatan kecepatan rotasi rotor secara stabil dan saat yang sama pada detik 0,4 nilai kecepatan rotasi stabil di angka yang mendekati 1. Begitu pula dengan arus stator yang terlihat bahwa

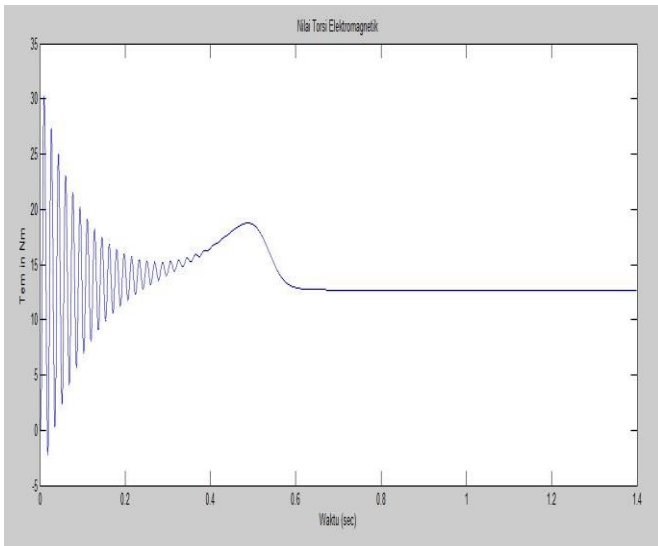
terjadi peningkatan yang besar diawal lalu pada detik 0,4 mulai terjadi kestabilan seiring dengan nilai torsi elektromagnetik sedangkan pada keadaan beban dari 70% telah mulai adanya delay/error pada motor dan meningkat pada kondisi beban 80% dan paling tinggi eror itu terjadi pada saat beban 90% yang menimbulkan delay panjang pada motor

2. Motor Kedua (Cooling Water Pump)



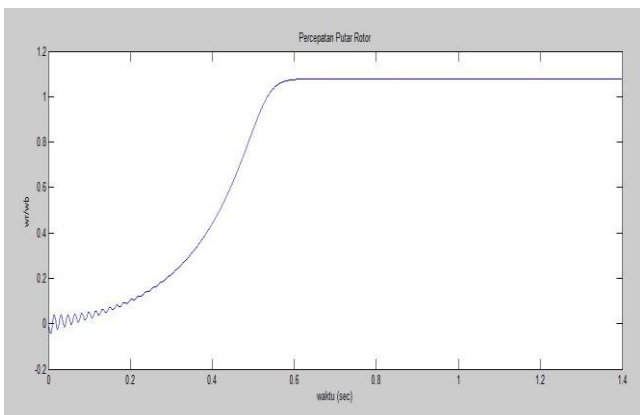
Gambar 4. Grafik Arus Stator Motor Kedua

T (Waktu Dalam Second)	Nilai Arus Stator
0,1	42
0,2	43
0,3	41
0,4	37
0,5	28
0,6	19
0,7	13
0,8	14
0,9	13
1	14
1,1	13
1,2	14
1,3	13
1,4	14



Gambar 5. Grafik Nilai Torsi

T (Waktu Dalam Second)	Nilai Torsi (Nm)
0,1	7,8
0,2	12,3
0,3	13,1
0,4	16,9
0,5	17,2
0,6	13,1
0,7	12,8
0,8	12,9
0,9	12,91
1	12,9
1,1	12,91
1,2	12,3
1,3	12,91
1,4	12,3



Gambar 6. Grafik Percepatan Putar Rotor Motor Kedua

T (Dalam Waktu Second)	Nilai Kecepatan Putar Rotor
0,1	0,03
0,2	0,12
0,3	0,19
0,4	0,43
0,5	0,89
0,6	1,1
0,7	1,1
0,8	1,1
0,9	1,1
1	1,1
1,1	1,1
1,2	1,1
1,3	1,1
1,4	1,1

pada grafik hasil motor kedua (cooling water pump) di kondisi beban normal terlihat hal yang sedikit berbeda pada nilai torsi elektromagnetik dimana hal yang sama terjadi yaitu peningkatan dan penurunan nilai yang tinggi di awal dan terlihat bertahap namun pada detik 0,4 sebelum nilainya menjadi stabil terjadi peningkatan nilai yang terlihat pada grafik dan pada akhirnya stabil pada nilai diatas 10 dan juga seiring dengan nilai kecepatan rotasi putar rotor yang terjadi peningkatan secara bertahap namun pada nilai kecepatan putar rotasi rotor diawal ada suatu penurunan gelombang yang berada dibawah titik nol namun bertahap tetap meningkat lalu mulai stabil di detik ke 0,4 pada nilai diatas 1 Namun pada saat beban dikondisikan pada 50% langsung mulai terjadi eror pada motor dapat dilihat dari delay pada semua grafik dan puncak tertinggi juga ada pada kondisi beban 90% dengan delay paling panjang

KESIMPULAN

1. Nilai torsi elektromagnetik mempengaruhi kecepatan putar rotasi rotor dan semakin besar nilai besar penigkatan dan penurunan nilai torsi elektromagnetik maka semakin kecil nilai putar rotasi rotor dan sebaliknya semakin kecil nilai torsi elektromagnetik maka akan semakin meningkat nilai kecepatan putar rotasi rotor
2. Semakin besar daya yang bisa dihasilkan motor berdasarkan spesifikasinya maka akan mempengaruhi kinerja motor didasari dari nilai torsi elektromagnetik yang juga berbeda nilainya
3. Nilai beban pada motor harus dilakukan sesuai dengan standart pada motor tersebut dan jika jauh dari itu maka akan dapat menimbulkan eror pada motor dan mengakibatkan kerusakan pada motor
3. Analisis Pada motor induksi 3 fasa menggunakan matlab dan disertai dengan menggunakan model qd0 dalam stationary reference frame akan lebih mendapatkan suatu nilai yang akurat melalui grafik hasil simulasinya

II. KUTIPAN

- [1] Chee Mun Ong . 1997 . Dynamic Simulations Of Electric Machinery Using MatLab
- [2] Glanny Martial Christiaan Mangindaan . 2015 . Study of Simplified Speed Sensorless Control Systems For Induction Motors
- [3] [ejournal.itp.ac.id/Motor Induksi 3 fasa](http://ejournal.itp.ac.id/Motor%20Induksi%203%20fasa)
- [4] [staff.umy.ac.id /Dasar operasi MatLab](http://staff.umy.ac.id/Dasar%20operasi%20MatLab)
- [5] <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/13181>
- [6] Samuel Sudibyoy , M khairul Amri, Afriyusti Herawati Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik UNIB . Analisis Efisiensi Motor Induksi Pada Kondisi Tegangan Nol Rating Dengan Metode Segregated Loss
- [9] Ferry Arvianto dan Mochammad Rameli Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh
- [7] Drs Sumanto MA (2008) , Motor Listrik Arus Bolak Balik
- [8] Heri Haryanto, Ri Munarto , Ifat Fatmawati1 , Analisis Karakteristik Motor Induksi Tiga Fasa XYZ Standar NEMA .Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon, Indonesia (2014)

November (ITS) . Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Metode Flux Vector Control Berbasis Self-Tuning PI
 [10] Winarso dsl, Dian Nova Kusuma Hardani.2018 . Analisis Torsi Dan Efisiensi Pada Motor Induksi Tiga fasa Rotor Sangkar .
 [11] Yoga Dwi Haryoko. 2012 . “Analisa Putaran Motor Induksi 3 Fasa Tanpa Sensor Kecepatan Dengan Pengendali Vektor Arus Dan Observer Berada Pada Sumbu DQ”
 [12] Achmad Suherman . 2017 . “Analisa Performa Motor Asinkron 3 Fasa Rotor Belit Feedback Tipe No .243 Di Laboratorium Listrik Dan Otomasi Kapal

TENTANG PENULIS



Penulis bernama lengkap Jairo Daniello Sibarani anak kedua dari tiga bersaudara. Anak dari Paterson H P Sibarani (Papa) dan Endang R Hutapea (Mama). Lahir di Medan pada tanggal 24 September 1997. Yang pada saat ini beralamat di Manado Kleak . Penulis memiliki dua saudara kandung yang bernama Julio V Sibarani (Kakak) dan Jeico M Sibarani (Adik). Penulis menempuh pendidikan pertama di TK Sarah School Medan tahun 2002-2003, kemudian melanjutkan ke SD Santo Yoseph Medan pada tahun 2003-2009, setelah itu melanjutkan sekolah di SMP Santo Thomas 1 Medan 2009-2012, kemudian melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 4 Medan 2012-2015. Tahun 2015 penulis melanjutkan studi S1 di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sam Ratulangi Manado Sejak semester 1.

