

ANALISA PENGARUH KETIDAKSEIMBANGAN SUDUT FASA PADA MOTOR INDUKSI 3 FASA 100HP / 75KW SAAT STARTING DAN STEADY STATE MENGGUNAKAN MATLAB SIMULINK

ZADIL HAFIS¹, ERHANELI², ANGGUN ANUGRAH³, SAPANNUR BANDRI⁴

Institut Teknologi Padang^{1,2,3,4}

email: zadhafis98@gmail.com¹, Coresponding author : erhanelimarzuki@gmail.com²

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rtj.v6i2.4144>

Abstrak: Sudut fasa yang tidak seimbang akan mempengaruhi stator, torsi dan kecepatan motor. Pada kondisi ini dapat menyebabkan kecelakaan pada motor induksi 3 fasa yang membuat mesin menjadi cepat panas, sehingga menurunkan produktivitas mesin yang sebenarnya. Penyimpangan sudut fasa ini akan mempengaruhi kinerja motor induksi yang dapat mengurangi kekuatan dan kemampuan motor tersebut. Definisi ketidakseimbang ditentukan berdasarkan metode NEMA (National Equipment Manufacturer's Association). Simulasi perhitungan dengan Matlab Simulink dilakukan untuk analisis dampak sudut fasa seimbang pada motor induksi 3 fasa dengan ketidak seimbangan 5%, dimana Phase A = 6° , Phase B = 120° , dan Phase = 240° . Pada saat sudut fasa tidak seimbang terjadinya perbedaan signifikan terhadap gelombang torsi dan kecepatan motor, dimana grafik gelombang pada torsi dan kecepatan motor mengalami osilasi yang mengakibatkan getaran pada motor semakin besar. Sudut fasa tidak seimbang menyebabkan peningkatan nilai torsi dan kecepatan motor. Pada tanpa beban torsi bernilai 660 Nm dan kecepatan bernilai 1501 Rpm, dan pada beban 360 Nm nilai torsi 1016 Nm. nilai kecepatan motor 1497 Rpm,. Sehingga dengan semakin naiknya nilai beban maka nilai torsi akan meningkat dan nilai pada kecepatan akan menurun. NEMA membuat motor dapat beroperasi secara normal spesifikasinya jika unbalance voltage tidak lebih dari 1%. Ketika sudut fasa tidak seimbang adalah 5% akan menyebabkan panas berlebih dan kerugian pada motor meningkat. Untuk mengatasi ketidak seimbangan sudut fasa dengan cara dereating atau menurunkan peringkat motor. Ketika sudut fasa tidak seimbang melebihi 1% maka motor harus melambat agar motor dapat berjalan dengan baik.

Kata kunci: Motor 3 fasa, Ketidakseimbang Sudut Fasa, Stator, Torsi. Kecepatan, Matlab.

Abstract: The unbalanced phase angle will affect the stator, torque and speed of the motor. This condition can cause accidents in 3-phase induction motors which make the engine heat up quickly, thereby reducing the actual productivity of the machine. This phase angle deviation will affect the performance of the induction motor which can reduce the strength and ability of the motor. The definition of unbalance is determined based on the NEMA (National Equipment Manufacturer's Association) method. Calculation simulations with Matlab Simulink are carried out for analysis of the impact of balanced phase angles on 3-phase induction motors with an imbalance of 5%, where Phase A = 6° , Phase B = 120° , and Phase = 240° . When the phase angle is not balanced, there is a significant difference in the torque waveform and motor speed, where the wave graph of the torque and motor speed experiences oscillations which results in greater vibration in the motor. Unbalanced phase angle causes an increase in the value of torque and motor speed. At no load the torque is 660 Nm and the speed is 1501Rpm, and at 360 Nm the torque is 1016 Nm. rated motor speed 1497 Rpm,. So that as the load value increases, the torque value will increase and the speed value will decrease. NEMA allows the motor to operate normally under its specifications if the unbalance voltage is not more than 1%. When the unbalanced phase angle is 5% it will cause overheating and losses in the motor increase. To overcome the phase angle imbalance

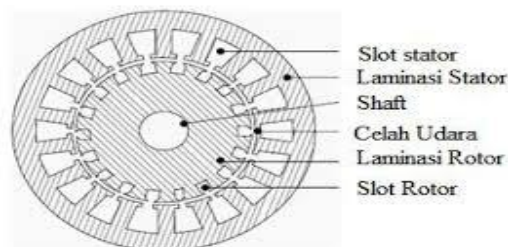
by derating or lowering the motor rating. When the unbalanced phase angle exceeds 1%, the motor must slow down so that the motor can run properly.

Keywords: 3 phase motor, phase angle imbalance, Stator, Torque, Speed, Matlab.

A. Pendahuluan

Motor induksi merupakan alat yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor induksi ini banyak dipergunakan dikarenakan motor ini kuat, mudah penggunaan dan lebih murah harga dibandingkan dengan motor listrik yang lain-lainnya. Motor induksi 3-fasa memiliki tiga buah kumparan yang terindetik berpisah atau berjarak sebesar 120° listrik, sehingga motor bisa bekerja dengan kecepatan arus yang sama dengan kondisi beban bervariasi. Motor induksi yang paling banyak digunakan yaitu motor induksi 3 fasa, motor ini dirancang dengan asumsi sumber sudut fasa seimbang. Sudut fasa sumber sebgaimana besar sangat dapat disesuaikan, baik dalam sudutnya maupun magnetic. Tidak seimbang terjadi selama penggunaan ini mungkin dikarenakan beban yang berbeda dalam rangka daya, transmisi rusak, sirkulasi beban miring, transformator tidak berdaya, dan lain-lainnya. Ketidakseimbangan sudut fasa dikarenakan perbedaan magitudo atau titik sudut setiap tahap dalam rangkaian motor induksi 3 fasa. Faktor ketidakseimbangan dilaporkan dengan rasio diantaranya pengelompokan fasa negatif terhadap fasa positif yang dicantumkan kedalam bentuk persentac. Masalah sudut fasa tidak seimbang yang disebabkan sesuatu yang dapat terjadi dibawah kondisi gangguan dari kinerja motor induksi tersebut. Oleh karena itu sangat memerlukan sesuatu kajian berupa penelitian atau analisis melihat sebagai sudut fasa motor induksi 3 fasa ketidakseimbangan yang berkontribusi dapat berpengaruh pada stator, torsi, dan kecepatan motor induksi 3 fasa, bagaimana hubungan terhadap operasi motor induksi saat kondisi sudut fasa tidak seimbang. Dalam hal ini menggunakan simulasi Matlab Simulink.

Motor induksi ialah suatu mesin listrik yang merubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa putaran pada rotor yang disebabkan karena adanya induksi magnet. Motor ini banyak digunakan pada saat ini, karena memiliki konstruksi yang sederhana, relatif murah, lebih ringan dan memiliki efisiensi yang tinggi serta mudah dalam pemeliharaannya dibandingkan dengan motor DC, dan secara umum mempunyai tingkat keandalan yang tinggi pada industri. Motor induksi merupakan suatu jenis motor listrik yang mempunyai ukuran KVA yang berbeda-beda, Motor ini merupakan motor yang dicatu arus bolak balik pada statornya secara langsung dan pada rotor dengan imbas atau transformator dari statornya



Gambar 1: Kontruksi Motor Induksi Sederhana

Motor induksi 3-fasa mempunyai 3 buah kumparan yang identik sama yang secara konstruksi berjarak 120° listrik. Belitan stator yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan tiga fasa akan menghasilkan medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron ($n_s = 120f/p$). Pada rotor terdapat lilitan, sehingga pada lilitan rotor tersebut terbentuk ggl induksi.

Faktor- Faktor Ketidakseimbangan

Tidak keseimbangan dfininikan oleh Institute of Electrical and Electronic Engineers atau IEEE yaitu variasi dalam system tenaga dimana itu ada perbedaan besaran tegangan atau

sudut fasa diantara keduanya tidak sama. Oleh sebab itu masalah tidak seimbang hanya mempengaruhi sistem polifase diantaranya 3 fasa.

Terlepas dari kondisi sudut fasa lebih tidak seimbang atau sudut fasa kurang tidak seimbang. Besar penyimpang sudut fasa selalu dinyatakan dalam suatu faktor ketidakseimbangan sudut fasa, yaitu defenisi National Equipment Manufacturer' Association (NEMA), Institute of Electrical and Electronic Engincers (IEEE), dan International Electrotechnical Commission (IEC)

Definisi NEMA dinyatakan ketidakseimbang dalam bentuk LVUR (Line Voltage Unbalance Rate) dalam persamaan sebagai berikut:

$$\frac{\text{Penyimpangan tegangan maximum dari tegangan fasa - fasa rata - rata}}{\text{Tegangan fasa - fasa rata - rata}} \times 100$$

ketidakseimbangan dihitung menggunakan defenisi IEC disebabkan IEC menggunakan besar tegangan urutan negative dan urutan positif untuk menghitung ketidakseimbangan tegangan . Dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{ VUF} &= \frac{\text{Besar tegangan urutan negatif}}{\text{Besar tegangan urutan positif}} \times 100 \\ &= \frac{V_n}{V_p} \times 100 \end{aligned}$$

Defenisi nema menggunakan besaran sudut fasa perfasa dan mengansumsikan sudut fasa rata-rata selalu sama dengan nilai nominal sudaut fasa (120° derajat). Dalam analisis besar LVUR pada percobaan ini sebesar 5%. Kemudian ditentukan Sudut fasa rata-rata.

$$\theta_{av} = 120^\circ$$

Menentukan besar θ_{ab}

$$\begin{aligned} \theta_{ab} &= 120 \times 5\% \\ &= 120 \times 5 / 100 = 6^\circ \end{aligned}$$

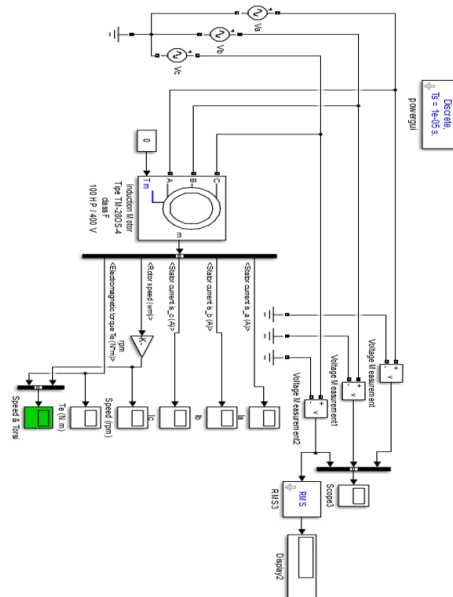
Menentukan besar θ_{bc} dan θ_{ca}

$$\begin{aligned} \theta_{bc} + \theta_{ca} &= 3 \times \theta_{av} - \theta_{ab} \\ &= 3 \times 120 - 6 \\ &= 354^\circ \end{aligned}$$

Metode NEMA dari salah satu θ_{bc} atau θ_{ca} besarnya sama dengan θ_{av} . Dalam hal ini dipilih θ_{ab} sama dengan θ_{av} :

$$\begin{aligned} \theta_{bc} &= 120^\circ \\ \theta_{ca} &= 354 - \theta_{av} + \theta_{ab} \\ &= 354 - 120 + 6 \\ &= 240^\circ \end{aligned}$$

Rangkaian Simulasi Motor Induksi 3 Fasa



Gambar 2: Rangkaian Pemodelan Simulasi Motor Induksi 3 Fasa

Pada simulasi diatas motor induksi 3 fasa dengan setelan simulasi pada Matlab Simulink yang memiliki spesifikasi 100 HP, 75 KW, 400 V, 50 Hz, dan 1480 Rpm.

B. Metode Penelitian

Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian simulasi dengan data-data yang diambil berdasarkan dari gambaran sebuah sistem sederhana pada masalah yang bersifat pemodelan dan simulasi dari analisis ketidakseimbangan sudut fasa motor induksi 3 fasa pada saat starting dan steady state.

Alat dan Bahan Penelitian

Agar penelitian dapat berjalan dengan baik dan lancar, maka dari itu dibutuhkan beberapa alat dan bahan yang digunakan untuk mendukung jalannya penelitian ini yaitu:

1. Peralatan yang digunakan yaitu laptop yang sudah diinstal aplikasi lunak Matlab Simulink.
2. Bahan yang digunakan untuk penelitian ini berupa jurnal-jurnal, dan buku sebagai referensi, serta data-data sekunder.

Data-Data yang Dibutuhkan

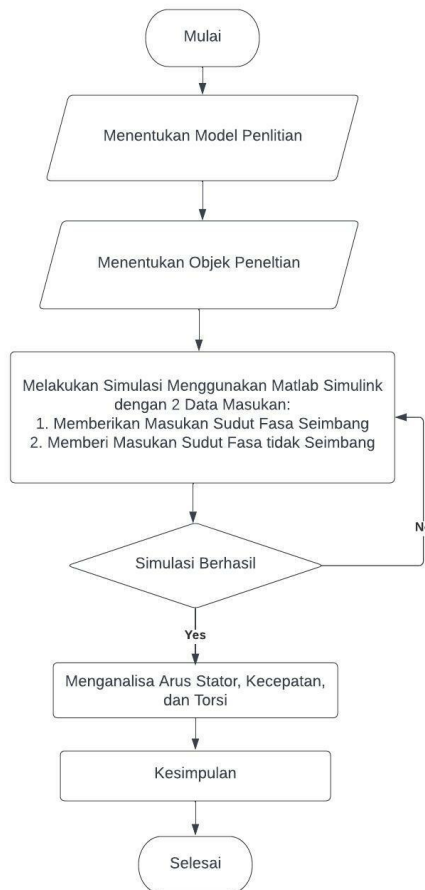
Pada penelitian ini memerlukan data yang dibutuhkan untuk kebutuhan penelitian, maka ada yang dibutuhkan yaitu parameter pada motor induksi 3 fasa:

1. Tegangan input.
2. Tahanan stator dan rotor.
3. Induktansi stator dan rotor.
4. Kecepatan motor.
5. Tegangan motor.
6. Kutub.

Metode Pengambilan Data

Data yang diambil berupa arus stator, kecepatan, dan torsi. Untuk data yang di peroleh mengkaji pengaruh ketidakseimbangan motor induksi 3 fasa dengan simulasi Matlab Simulink.

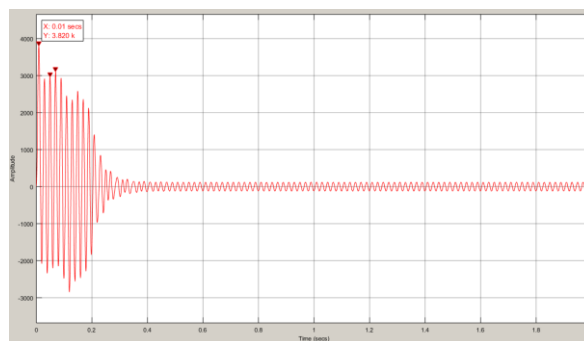
Bagan Alir Penelitian



C. Hasil dan Pembahasan

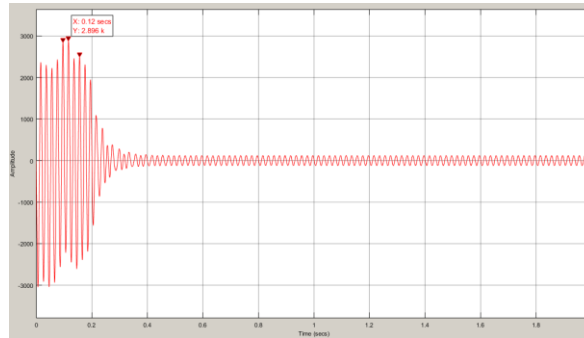
Simulasi Sudut Fasa Seimbang Motor Induksi 3 Fasa

Hasil Simulasi Sudut Fasa Seimbang Pada Stator A Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa



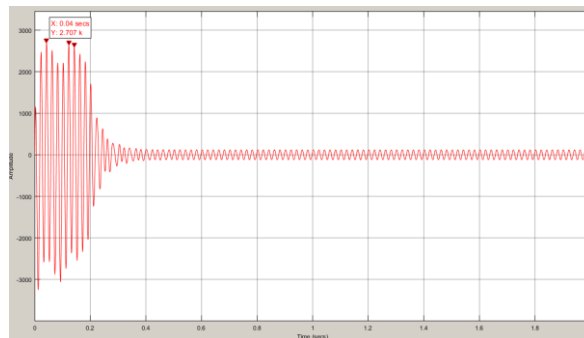
Gambar 3: Hasil Simulasi Sudut Fasa Seimbang Pada Stator A Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa

Hasil Simulasi Sudut fasa Seimbang Respon Arus Stator B Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa



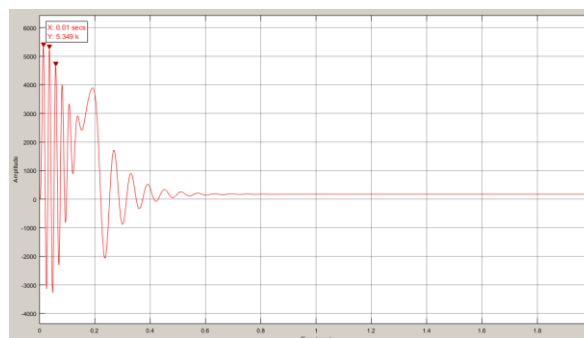
Gambar 4: Hasil Simulasi Sudut Fasa Seimbang Respon Arus Stator B Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa

Hasil Simulasi Sudut Fasa Seimbang Respon Arus Stator C Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa



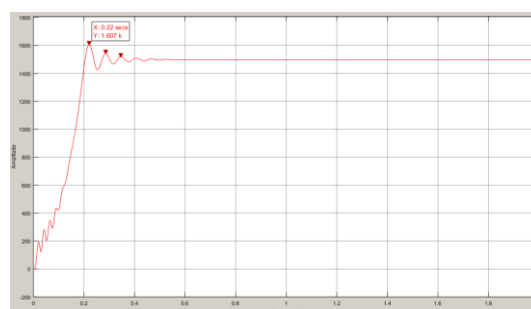
Gambar 5: Hasil Simulasi Sudut Fasa Seimbang Respon Arus Stator C Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa

Hasil Simulasi Sudut Fasa Seimbang Respon Torsi Dengan Tanpa Baban Pada Motor Induksi 3 Fasa



Gambar 6: Hasil Simulasi Sudut Fasa Seimbang Respon Torsi Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa

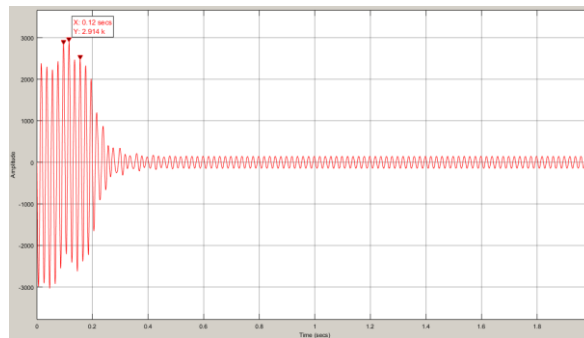
Hasil Simulasi Sudut Fasa Seimbang Respon kecepatan Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa



Gambar 7: Hasil Simulasi Sudut Fasa Seimbang Respon kecepatan Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa

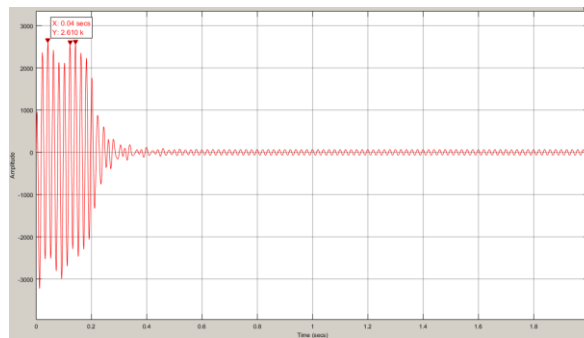
Simulasi Sudut Fasa Tidak Seimbang Motor Induksi 3 Fasa

Hasil Simulasi Sudut Fasa Tidak Seimbang Respon Arus Stator A Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa



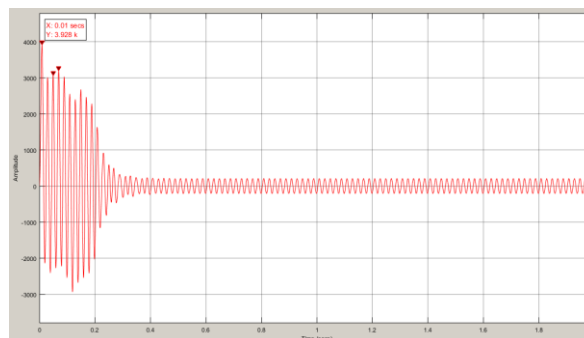
Gambar 8: Hasil Simulasi Sudut Fasa Tidak Seimbang Respon Arus Stator A Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa

Hasil Simulasi Sudut Fasa Tidak Seimbang Respon Arus Stator B Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa



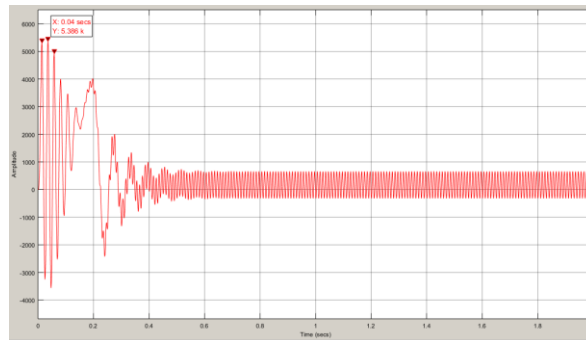
Gambar 9: Hasil Simulasi Sudut Fasa Tidak Seimbang Respon Arus Stator B Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa

Hasil Simulasi Sudut Fasa Tidak Seimbang Respon Arus Stator C Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa



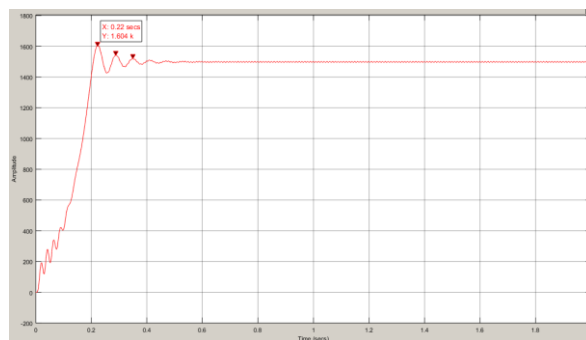
Gambar 10: Hasil Simulasi Sudut Fasa Tidak Seimbang Respon Arus Stator C Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa

Hasil Simulasi Sudut Fasa Tidak Seimbang Respon Torsi Dengan Beban 0 Nm Pada Motor Induksi 3 Fasa



Gambar 11: Hasil Simulasi Sudut Fasa Tidak Seimbang Respon Torsi Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa

Hasil Simulasi Sudut Fasa Tidak Seimbang Respon Kecepatan Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa



Gambar 12: Hasil Simulasi Sudut Fasa Tidak Seimbang Respon Kecepatan Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa

Data Hasil Simulasi pada Motor Induksi 3 Fasa Matlab Simulink

Tabel 1: Tabel Hasil Simulasi Sudut Fasa Seimbang Dengan Tanpa Beban Pada Motor Induksi 3 Fasa

	Rise time	Peak time	Settling time	Steady state
Stator A	0.00086 second	0.01 second	0.29 second	121 Ampere
Stator B	0.0040 second	0.12 second	0.30 second	121 Ampere
Stator C	0.0010 second	0.04 second	0.28 second	121 Ampere
Torsi	0.0025 second	0.01 second	0.45 second	169 Nm
Kecepatan	0.085 second	0.22 second	0.35 second	1498 Rpm

Tabel 2: Tabel Hasil Simulasi Sudut Fasa Tidak Seimbang Dengan Tanpa beban Pada Motor Induksi 3 Fasa

	Rise time	Peak time	Settling time	Steady state
Stator A	0.0050 second	0.12 second	0.30 second	146 Ampere
Stator B	0.0066 second	0.04 second	0.28 second	67 Ampere
Stator C	0.00051 second	0.01 second	0.29 second	208 Ampere
Torsi	0.0039 second	0.04 second	0.40 second	660 Nm
Kecepatan	0.088 second	0.22 second	0.41 second	1501 Rpm

D. Penutup

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap simulasi yang telah dianalisa mengenai ketidakseimbangan sudut fasa pada motor induksi 3 fasa dengan menggunakan Matlab Simulink, dapat diambil kesimpulan seperti berikut:

1. Dari hasil yang telah diperoleh, pada saat ketidakseimbang tidak berpengaruh signifikan pada nilai peak time, namun sangat berpengaruh pada nilai rise time dan settling time pada stator dan torsi. Sudut fasa sangat berpengaruh terhadap transien motor induksi 3 fasa, terutama mengalami kenaikan nilai pada saat motor melakukan starting.
2. Pengaruh ketidakseimbangan sudut fasa terhadap motor induksi 3 fasa pada saat steady state berdampak pada tidak seimbangannya pada arus stator, dan menyebabkan nilai torsinya juga meningkat, hal ini dapat menyebabkan motor induksi 3 fasa bekerja tidak secara optimal, dan dapat menyebabkan kerusakan pada motor.

Daftar Pustaka

- Anthony, Z. (2016) 'Analisis Kinerja Motor M31-Za Untuk Standar Hubungan Delta Dengan Menggunakan Parameter Motor Induksi 3-Fasa', pp. 1–6.
- Anthony, Z. (2017) 'Pengembangan Rangkaian Kendali untuk Mengoperasikan Motor Induksi 3-Fasa', *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 6(1), pp. 81–86.
- Anthony, Z. and Erhaneli, E. (2017) 'Disain Baru Bentuk Lilitan Kumbaran Motor Induksi 1-fasa Berbasis Bentuk Lilitan Motor Induksi 3-fasa', *Jurnal Teknik Elektro ITP*, pp. 245–249.
- Evalina, N., Azis, A.H. and Zulfikar (2018) 'Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable logic controller', *Journal of Electrical Technology*, 3(2), pp. 73–80.
- Jairo D Sibarani, Glanny M Ch. Mangindaan, A.H.J.O. (2020) 'Study Pengaruh Torsi Terhadap Kinerja Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan MatLab', *Universitas Sam Ratulangi Manado*, pp. 1–11.
- Kurnia Pratama, A., Zondra, E. and Yuvendius, H. (2020) 'Analisis Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Akibat Perubahan Tegangan', *Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri*, 5(1), pp. 35–43.