

PEMODELAN UNJUK KERJA MOTOR INDUKSI TIGA FASA PADA KONDISI UNDER VOLTAGE TIDAK SEIMBANG DENGAN MENGGUNAKAN MATLAB/SIMULINK

Nasrullah^{1,2}, Muhamad Haddin¹, Supari¹

¹Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung
Jl. Raya Kaligawe Km. 4 Semarang 50012

²Dinas Pertambangan Dan Energi Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara
Jl. Pemuda No 403 Kolaka 93517

Email: nasrullah@unissula.ac.id, haddin@unissula.ac.id, supary_p@yahoo.co.id

Abstrak

Operasi motor induksi tiga fasa membutuhkan tegangan input tiga fasa yang seimbang dan standar agar dicapai operasi yang optimal. Tegangan input tiga fasa yang tidak seimbang dapat mempengaruhi unjuk kerja motor induksi tiga fasa yang berdampak pada torsi elektromagnetik, daya mekanik, efisiensi dan temperatur. Penelitian ini membahas tentang pemodelan unjuk kerja motor induksi tiga fasa pada kondisi under voltage tidak seimbang dengan menggunakan MATLAB/SIMULINK. Motor induksi tiga fasa yang digunakan mempunyai spesifikasi 50 HP, 400 V, 50 Hz, 1480 Rpm dengan input fungsi step. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tegangan input tiga fasa tidak seimbang berpengaruh terhadap unjuk kerja motor induksi tiga fasa, hal ini diperlihatkan dengan terjadinya penurunan nilai torsi elektromagnetik, daya mekanik, efisiensi dan meningkatnya nilai faktor perkalian temperatur.

Kata Kunci : Motor induksi, under voltage tidak seimbang, Matlab

1. PENDAHULUAN

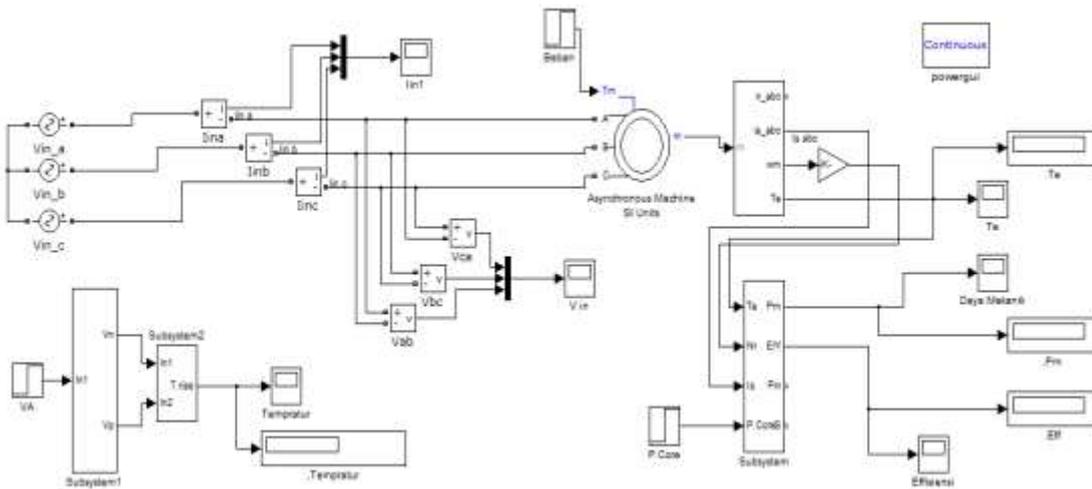
Pembebanan yang tidak seimbang dan sistem konfigurasi penghantar pada jaringan serta jarak penghantar-penghantar suatu saluran tiga fasa yang tidak sama menyebabkan induktansi masing-masing fasa menjadi berbeda. Hal ini mengakibatkan ketidakseimbangan impedansi saluran diantara ketiga fasa dan ketidakseimbangan impedansi berdampak pada ketidakseimbangan tegangan. Hal ini mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap system..

Operasi Motor induksi yang disuplai sumber tegangan bolak balik tiga fasa dibawah normal dan tidak seimbang mengakibatkan unjuk kerja motor induksi tiga fasa menjadi tidak optimal dan berdampak pada output motor antara lain daya mekanik, torsi elektromagnetik, efisiensi dan temperatur. Pengoperasian motor pada kondisi ini dalam jangka waktu tertentu akan menimbulkan kerusakan yang fatal karena kenaikan temperatur pada belitan stator mengakibatkan isolator stator akan mengalami kebocoran.

Penelitian tentang topik ini telah dibahas oleh beberapa peneliti. Ketidakseimbangan tegangan mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap motor induksi tiga fasa. Pemodelan dan simulasi menggunakan Matlab menunjukkan adanya pengaruh tegangan masuk ke stator tidak seimbang terhadap kinerja motor induksi tiga fasa yang dapat dilihat berupa adanya perubahan pada torsi, daya output, efisiensi, losses dan kemampuan motor induksi tetap beroperasi, Selain itu Ketidakseimbangan tegangan mengakibatkan terjadinya peningkatan temperatur pada motor induksi tiga fasa.

2. METODOLOGI

Untuk merepresentasikan dampak yang ditimbulkan oleh ketidakseimbangan tegangan terhadap motor induksi tiga fasa maka dibutuhkan sebuah model percobaan dengan menggunakan MATLAB/SIMULINK versi 7.8 seperti yang diperlihatkan pada gambar 1. Model dilengkapi dengan subsistem antara lain untuk pengukuran torsi elektromagnetik, tegangan urutan positif-negatif, faktor perkalian temperatur, daya mekanik, efisiensi dan torsi mekanik (beban).



Gambar 1 Model sistem

Torsi elektromagnetik diperoleh langsung dari blok pengukuran motor dengan menentukan nilai tegangan input untuk sistem tiga fasa dengan konfigurasi tegangan ACB. Tegangan input pada blok *electrical source* berdasarkan tegangan nominal motor induksi tiga fasa dengan spesifikasi motor induksi adalah 50 HP, 400V_{L-L}, 50 Hz, dan 1480 Rpm. Tegangan kerja tersebut dirubah menjadi :

$$\frac{V_{L-L}}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230,9 \text{ V} \dots\dots\dots (1)$$

Persentase tegangan tidak seimbang ditentukan 0%, 2,6%, 6,9%, 9,1%, 13,4% dan 17,7%. seperti ditunjukkan pada tabel 1

Tabel 1 Data Tegangan input

Fasa	perc. 1	perc. 2	perc. 3	perc.4	perc. 5	perc. 6	Sat
A ∠ 0°	230,9	225,0	215,0	210,0	200,0	190,0	Volt
B ∠ 240°	230,9	230,9	230,9	230,9	230,9	230,9	Volt
C ∠ 120°	230,9	230,9	230,9	230,9	230,9	230,9	Volt

Persentase ketidakseimbangan tegangan diperoleh dari perbandingan tegangan urutan negatif dan tegangan urutan positif (V_n/V_p). Model percobaan komponen urutan positif dan negatif disusun berdasarkan persamaan-persamaan sebagai berikut :

$$V_p = \frac{1}{3} (V_a + aV_b + a^2V_c) \dots\dots\dots (2)$$

$$V_n = \frac{1}{3} (V_a + a^2V_b + aV_c) \dots\dots\dots (3)$$

dengan : $a = 1 \angle 120^\circ = -0,5 + j 0,866$, $a^2 = 1 \angle -120^\circ = -0,5 - j0,866$

Untuk percobaan komponen tegangan urutan positif dan negatif maka data pada tabel 1 dirubah menjadi bilangan rectangular, selengkapnya seperti pada tabel 2

Tabel 2 Data Tegangan input (rectangular)

Fasa	perc. 1	perc. 2	perc. 3	perc.4	perc. 5	perc. 6	Sat
A $\angle 0^0$	230,9+j0	225+j0	215+j0	210+j0	200+j0	190+j0	V
B $\angle 240^0$	-115,5-j199,9	-115,5-j199,9	-115,5-j199,9	-115,5-j199,9	-115,5-j199,9	-115,5-j199,9	V
C $\angle 120^0$	115,5+j199,9	115,5+j199,9	115,5+j199,9	115,5+j199,9	115,5+j199,9	115,5+j199,9	V

Faktor perkalian temperatur diperoleh dari ketidakseimbangan tegangan. Nilai yang dimunculkan pada model percobaan faktor perkalian temperatur motor induksi tiga fasa pada operasi under voltage tidak seimbang adalah nilai kelipatan dari pengukuran temperatur nominal. Model faktor perkalian temperatur disusun berdasarkan persamaan-persamaan sebagai berikut:

Faktor ketidakseimbangan tegangan

$$\%VUB = \frac{V_n}{V_p} \times 100 \quad \dots\dots\dots (4)$$

Hubungan antara temperatur dan Tegangan tidak seimbang

$$\% \Delta T = 2(\%VUB)^2 \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{Temperatur, } T_{\text{rise,Unb}} = T_{\text{rise, rated}} \times \left[1 + \frac{\% \Delta T}{100} \right] \quad \dots\dots\dots (6)$$

Daya mekanik diperoleh dengan mengalikan torsi elektromagnetik dengan kecepatan sudut putar, selengkapnya seperti pada persamaan dibawah :

$$\text{Daya Mekanik, } P_m = \omega_s \cdot T, \quad \dots\dots\dots (7)$$

Daya input diperoleh dari penjumlahan daya celah udara, rugi-rugi daya pada stator dan rugi-rugi inti besi, seperti pada persamaan dibawah ini

$$\text{Daya Input, } P_{in} = \omega_s \cdot T + P_{SCL} + P_{Core} \quad \dots\dots\dots (8)$$

Effisiensi adalah ukuran keefiktifan motor induksi untuk mengubah energy listrik menjadi energi mekanik yang dinyatakan sebagai perbandingan antara daya keluaran dan daya masukan

$$\text{Effisiensi, } \eta = \frac{P_m}{P_{in}} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (9)$$

Untuk mengetahui kondisi motor induksi yang dioperasikan pada beban nominal dalam kondisi under voltage tidak seimbang diberi torsi mekanik (beban) nominal dengan menggunakan persamaan

$$T_n = \frac{P_n}{\omega_s} \quad \dots\dots\dots (10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan spesifikasi motor induksi dengan menggunakan persamaan (10),maka diperoleh nilai Torsi Nominal sebesar :

$$T_n = \frac{37000}{156} = 237 \text{ Nm}$$

Percobaan pada tabel 1 dengan menggunakan Torsi Nominal (beban) sebesar 237 Nm, diperoleh hasil percobaan untuk pengaruh under voltage tidak seimbang terhadap daya mekanik, effisiensi, torsi elektromagnetik, dan faktor perkalian temperatur diperlihatkan pada tabel 3

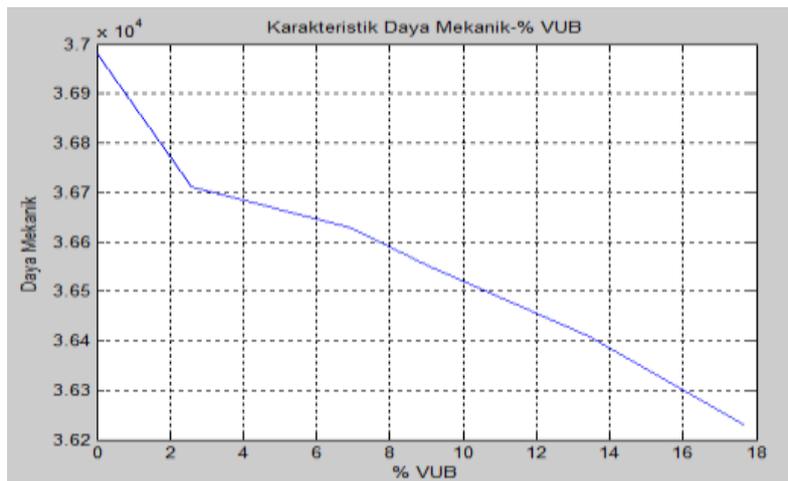
Tabel 3 Hasil percobaan

No	Parameter	perc. 1	perc. 2	perc. 3	perc.4	perc. 5	perc. 6	Sat
1,	Daya Mekanik	36980	36710	36630	36550	36410	36230	Watt
1.	Effisiensi	93,98	93,11	92	91,33	90,29	89,15	%
3.	Torsi Elektromag	242,6	241,0	240,9	240,6	240,0	239,3	Nm
4.	Faktor Temperatur	1	1,015	1,111	1,194	1,436	1,788	Pu

Keterangan

Faktor Temperatur: perkalian nilai pada tabel dengan pengukuran temperatur nominal

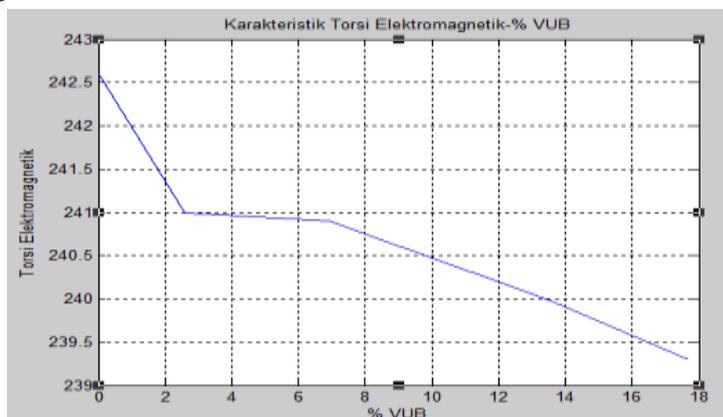
Hasil percobaan pada tabel 3 pengaruh under voltage tidak seimbang terhadap daya mekanik diperlihatkan pada gambar 2



Gambar 2 Karakteristik under voltage tidak seimbang terhadap daya mekanik

Berdasarkan hasil percobaan, dengan persentase under voltage tidak seimbang, 0 %, 2,6%, 6,9 %, 9,1 %, 13,4 % dan 17,7 % dengan torsi mekanik sebesar 237 Nm. Dari karakteristik di atas dapat dilihat bahwa semakin besar persentase under voltage tidak seimbang, maka daya mekanik semakin kecil. Penyebab turunnya nilai daya mekanik karena seiring dengan kenaikan persentase under voltage tidak seimbang, nilai torsi elektromagnetik (T) mengalami penurunan. Hal ini berdampak pada daya mekanik, dimana daya mekanik merupakan hasil perkalian antara torsi elektromagnetik dengan kecepatan sudut putar (ω)

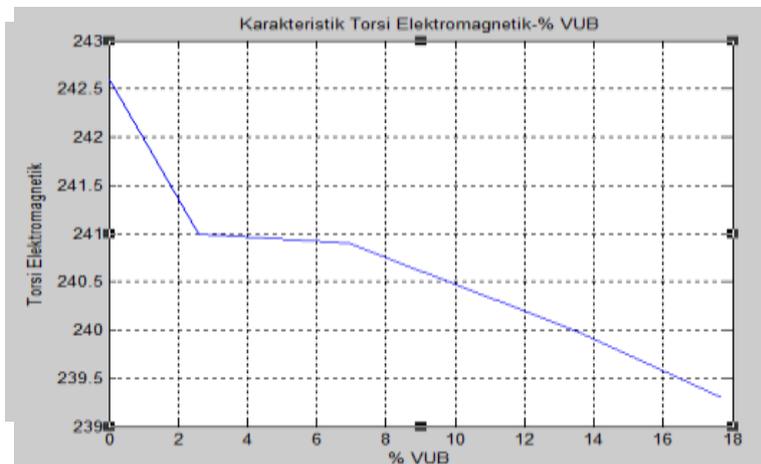
Pengaruh under voltage tidak seimbang Terhadap Torsi Elektromagnetik diperlihatkan pada gambar 3



Gambar 3 Karakteristik under voltage tidak seimbang terhadap torsi elektromagnetik

Berdasarkan hasil percobaan, dengan persentase under voltage tidak seimbang yaitu 0%, 2,6%, 6,9%, 9,1 %, 13,4 % dan 17,7 % dengan torsi mekanik sebesar 237 Nm. Dari karakteristik di atas dapat dilihat bahwa persentase under voltage tidak seimbang mempunyai pengaruh yang besar terhadap nilai torsi elektromagnetik. Semakin besar persentase under voltage tidak seimbang, maka nilai torsi elektromagnetik semakin kecil.

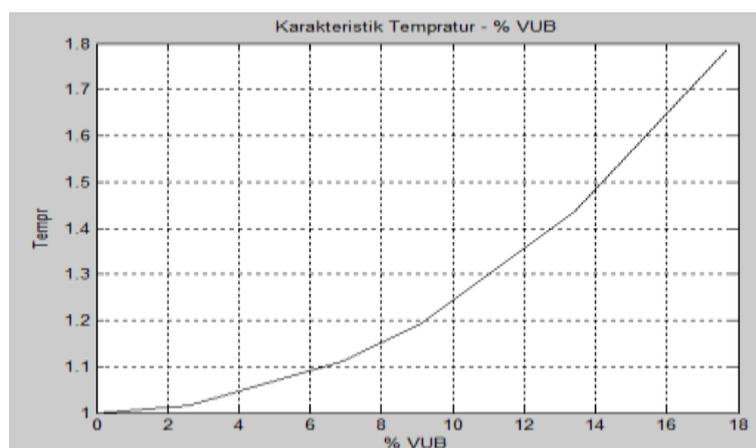
Pengaruh under voltage tidak seimbang Terhadap efisiensi diperlihatkan pada gambar 4



Gambar 4 Karakteristik under voltage tidak seimbang terhadap efisiensi

Berdasarkan hasil percobaan, dengan persentase under voltage tidak seimbang, 0%, 2,6%, 6,9%, 9,1%, 13,4% dan 17,7 % dan torsi mekanik sebesar 237 Nm. Dari karakteristik tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar persentase under voltage tidak seimbang, maka efisiensi semakin kecil. Hal ini disebabkan karena nilai efisiensi berbanding lurus dengan nilai daya mekanik. Seiring dengan kenaikan persentase under voltage tidak seimbang, nilai torsi elektromagnetik (T) mengalami penurunan. Hal ini berdampak pada daya mekanik, dengan turunnya nilai daya mekanik maka secara matematis nilai efisiensi juga akan turun karena nilai efisiensi adalah hasil pembagian antara daya mekanik dengan daya input.

Pengaruh under voltage tidak seimbang Terhadap Faktor perkalian Temperatur diperlihatkan pada gambar 5



Gambar 5 Karakteristik under voltage tidak seimbang terhadap faktor perkalian temperatur

Berdasarkan hasil percobaan, dengan persentase under voltage tidak seimbang 0 %, 2,6%, 6,9 %, 9,1 %, 13,4 % dan 17,7 % dan torsi mekanik sebesar 237 Nm .Dari karakteristik di

atas dapat dilihat bahwa semakin besar persentase under voltage tidak seimbang, maka nilai faktor perkalian temperatur semakin besar pula. Penyebab meningkatnya nilai faktor perkalian temperatur karena seiring dengan kenaikan persentase under voltage tidak seimbang, nilai tegangan urutan negatif semakin besar, dimana tegangan urutan negatif merupakan hal yang sangat mempengaruhi kenaikan faktor perkalian temperatur pada motor induksi tiga fasa

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Semakin besar persentase under voltage tidak seimbang ke belitan stator maka daya mekanik motor induksi tiga fasa yang dihasilkan semakin kecil.
2. Semakin besar persentase under voltage tidak seimbang ke belitan stator, maka torsi elektromagnetik motor induksi tiga fasa semakin kecil
3. Semakin besar persentase under voltage tidak seimbang ke belitan stator, maka efisiensi motor induksi tiga fasa semakin kecil.
4. Semakin besar persentase under voltage tidak seimbang ke belitan stator, maka factor perkalian temperatur motor induksi tiga fasa semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Dahono, P, A., 2014, Ketidakseimbangan Tegangan dan Pengaruhnya konversi.wordpress.com
- Darmansyah. 2010, Analisis Operasi Motor Induksi Tiga Fasa Tegangan Masuk Ke Stator Tidak Seimbang Dengan Simulasi Monte Carlo. Paper yang dipresentasikan pada Seminar Nasional, FT-UR. Pekanbaru: Universitas Lancang Kuning
- Fitzgerald, A.E; Kingsley C, Jr; Umans Stephen, D. 1986, Mesin-Mesin Listrik, edisi keempat, Erlangga, Jakarta
- Ned Mohan, 2001, Advanced Electric Drives Analysis, Control and Modeling Using Simulink, MNPERE, University Of Minnesota
- Niyompongwirat, J. et.l. 2012, Temperatur Monitoring System For Unbalance Phase Analysis Of Induction Motor. Proceedings of the International Multi Conference Of Engineers and Computer Scientists Volume II. Hong kong: IMECS
- Rijono, Y, 1997, Dasar Teknik Tenaga Listrik, Andi Yogyakarta, Jakarta
- Stevenson, W.D, Jr., 1990 Analisa Sistem Tenaga Listrik, edisi keempat, Erlangga, Jakarta
- Theraja. B.L; dan Theraja, A.K, A. 1993, Text Book Of Technology, Publication Division of Nirja Construction & Development Co. (P) LTD Ram Nangar, New Delhi