



ANALISIS OPERASI MOTOR INDUKSI TIGA FASA TEGANGAN MASUK KE STATOR TIDAK SEIMBANG DENGAN SIMULASI MONTE CARLO

Darmansyah

*Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Univ.Lancang Kuning, Jalan DI Panjaitan km 8 Rumbai
Email : darmansyah_72@yahoo.co.id*

Abstrak

Motor Induksi tiga fasa merupakan salah satu motor listrik yang dalam operasinya membutuhkan sumber tegangan listrik tiga fasa yang seimbang untuk beroperasi optimal. Tegangan suplai tiga fasa yang tidak seimbang dapat mempengaruhi kinerja dari motor induksi tiga fasa pada saat beroperasi .

Untuk dapat melihat pengaruh tegangan suplai tiga fasa yang tidak seimbang terhadap kinerja motor induksi tiga fasa dilakukan dengan membuat simulasi. Adapun simulasi yang digunakan adalah simulasi Monte Carlo untuk mempresentasikan kondisi motor induksi tiga fasa dengan tegangan masuk ke stator tidak seimbang menggunakan software MATLAB.

Hasil simulasi 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 untuk tetap beroperasi.

Kata kunci : motor induksi tiga fasa, simulasi Monte Carlo, tegangan suplai tidak seimbang

1. Pendahuluan

Motor induksi tiga fasa merupakan motor listrik arus bolak balik yang banyak digunakan pada dunia industri sebagai motor penggerak. Karena pemakaian yang cukup banyak, untuk itu diperlukan analisis dari motor induksi tiga fasa jika beroperasi dengan tegangan masuk ke stator tidak seimbang. Motor Induksi tiga fasa merupakan salah satu motor listrik yang dalam operasinya membutuhkan suplai tegangan listrik tiga fasa yang seimbang untuk beroperasi optimal. Tegangan suplai tiga fasa yang tidak seimbang dapat mempengaruhi kinerja dari motor induksi tiga fasa pada saat beroperasi .

Untuk melihat pengaruh tegangan suplai tiga fasa yang tidak seimbang pada motor induksi tiga fasa maka digunakan analisis komponen simetris sehingga diperoleh daya, arus dan torsi dari motor induksi tiga fasa dengan netral tidak ditanahkan pada saat beroperasi dengan tegangan masuk ke stator tidak seimbang menggunakan bantuan simulasi Monte Carlo

dengan software MATLAB 7. Analisis komponen simetris motor induksi tiga fasa dengan tegangan masuk tidak seimbang akan diperoleh komponen simetris urutan positif dan komponen simetris urutan negatif secara bersamaan. Daya dan torsi dari motor induksi tiga fasa diperoleh dengan menjumlahkan daya dan torsi dari komponen simetris urutan positif dan komponen simetris urutan negatif.

2. Tinjauan Pustaka

a. Simulasi Monte Carlo

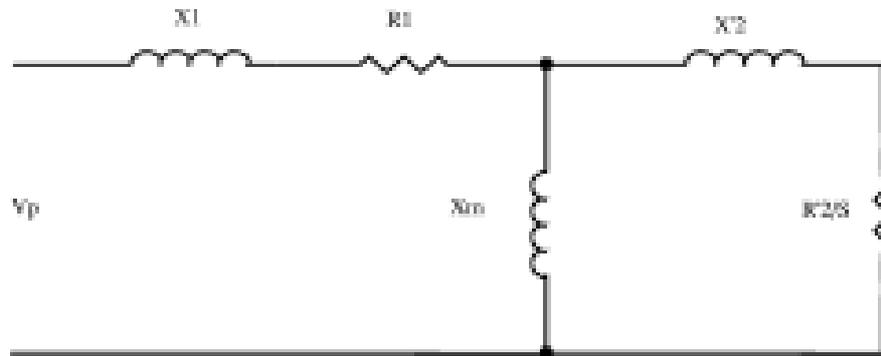
Simulasi Monte Carlo (SMC) adalah suatu teknik stokastik yang digunakan untuk memecahkan permasalahan matematika. Metoda Simulasi Monte Carlo menyediakan penyelesaian hampiran kepada bermacam permasalahan matematis dengan melaksanakan sampling statistik percobaan-percobaan. Mereka dapat dengan bebas digambarkan sebagai metoda-metoda simulasi statistik, di mana simulasi statistik digambarkan di dalam suku umum untuk menjadi setiap metoda bahwa menggunakan urutan-urutan dari angka-angka yang acak untuk melaksanakan simulasi. Jadi dengan demikian metoda Monte Carlo adalah suatu koleksi dari metoda-metoda yang berbeda bahwa semua pada dasarnya melaksanakan proses yang sama. Proses ini melibatkan melaksanakan banyak simulasi menggunakan angka-angka dan kemungkinan acak untuk mendapat satu perkiraan jawaban atas masalah. Dengan ciri-ciri dari metoda Monte Carlo penggunaannya dari angka-angka yang acak dalam simulasi-simulasinya.

b. Rangkaian Ekuivalen Urutan Positif Dan Urutan Negatif Motor Induksi Tiga Fasa

Apabila tegangan masuk ke stator motor induksi tiga fasa tidak seimbang maka akan diperoleh rangkaian urutan positif dan rangkaian urutan negatif motor induksi tiga fasa. Faktor ketidakseimbangan tegangan menurut IEC dirumuskan :

$$\% \text{ faktor ketidak seimbangan tegangan} = \frac{V_n}{V_p} \times 100 \% \quad (1)$$

Bila ada tegangan urutan positif maka gambar ekuivalen pendekatan dari motor induksi adalah seperti gambar dibawah :



Gambar 3-1. Rangkaian ekivalen urutan positif

Tegangan urutan positifnya adalah :

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

Arus urutan positifnya adalah :

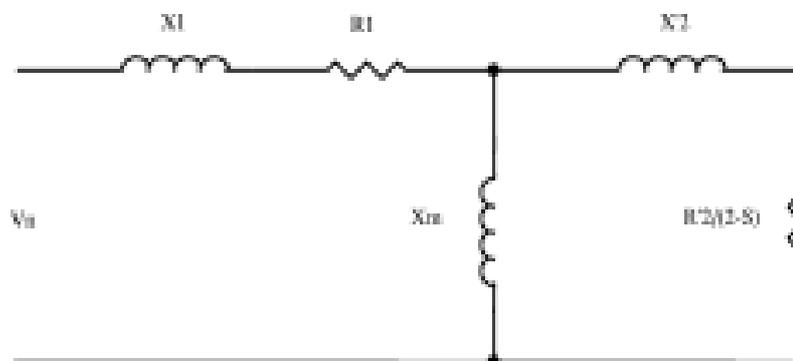
$$I_p = \frac{V_p}{\sqrt{\left[R_1 + \left(\frac{R_2'}{s} \right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right]}} \quad (3)$$

Karakteristik motor induksi untuk tegangan masuk negatif dapat diperoleh dari karakteristik urutan positif dengan hanya memasukkan harga slip urutan negatif dari motor induksi tersebut.

Bila s slip urutan positif dan s_2 slip urutan negatif maka :

$$s_2 = 2 - s \quad (4)$$

Jadi gambar ekivalen pendekatan untuk tegangan masuk urutan negatif dapat digambarkan seperti dibawah ini :



Gambar 3-3. Rangkaian ekivalen urutan negatif

Tegangan urutan negatifnya adalah :

$$V_n = \frac{1}{3}(V_a + a^2V_b + a V_c) \quad (5)$$

Arus urutan negatifnya adalah :

$$I_n = \frac{V_n}{\sqrt{\left[\frac{R_1 + R_2'}{2-s}\right]^2 + (x_1 + x_2')^2}} \quad (6)$$

c. Operasi Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Tegangan Masuk Tidak Seimbang

Bila tegangan masuk tidak seimbang pada motor induksi, maka akan timbul komponen-komponen urutan positif dan negatif secara bersamaan.

Daya output 3 fasa adalah :

$$P_m = 3\left[\left(\frac{1-s}{s}\right) R_2' \cdot (I_p)^2 - \left(\frac{1-s}{2-s}\right) R_2' \cdot (I_n)^2\right] \quad (7)$$

Torsi untuk tiga fasa adalah :

$$T = 3R_2' \frac{\left[\frac{I_p^2}{s} - \frac{I_n^2}{2-s}\right]}{\omega_{syn}} \quad (8)$$

Daya masuk ke motor adalah :

$$P_{in} = Real\left[3(V_p I_p^* + V_n I_n^*)\right] \quad (9)$$

Dimana * menunjukkan nilai conjugate

Effisiensi motor = $\eta(\%) = \frac{P_o}{P_{in}} \times 100\%$, karena $P_o = P_m$ maka

$$\eta(\%) = \frac{P_m}{P_{in}} \times 100\% \quad (10)$$

3. Metode Penelitian

Didalam makalah ini metode yang digunakan untuk melakukan analisis motor induksi tiga fasa adalah simulasi Monte Carlo dengan menggunakan software MATLAB 7. Motor induksi tiga fasa dengan data-data sebagai berikut : Motor induksi tiga fasa terhubung bintang 400 V(L-L), 10 hp, 6 kutup, 50 Hz dengan parameter dalam Ω /fasa, $R_1 = 0.7384$ ohm/fasa,

$R_2' = 0.7402$ ohm/fasa, $X_1 = 0.9561$ ohm/fasa, $X_2' = 0.9561$ ohm/fasa, kinerja motor induksi dievaluasi pada slip $s = 0.04$

4. Hasil dan Pembahasan

Dengan menggunakan persamaan (7) dan (8) untuk tegangan seimbang 220 V maka

$I_n = 0$ sehingga diperoleh :

$T = 50.07$ N.m

$P_{out} = 7547$ W

Hasil running program Analisis Operasi Motor Induksi Tiga Fasa Tegangan Masuk ke Stator Tidak Seimbang dengan Simulasi Monte Carlo MATLAB 7 adalah :

Analisis Motor Induksi dengan menggunakan metode Monte Carlo

Table 1. Tegangan masuk tidak Seimbang Acak :

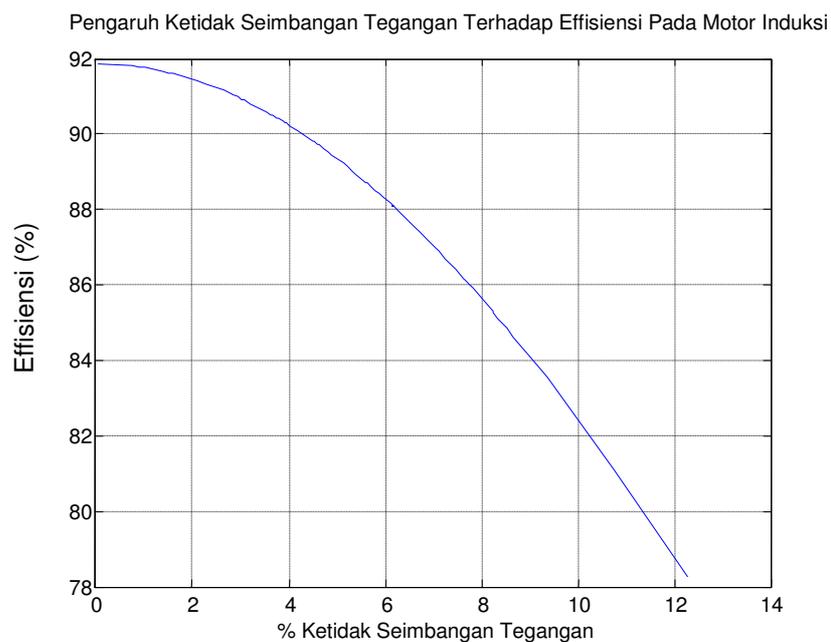
No	Va (V)	(^o)	Vb (V)	(^o)	Vc (V)	(^o)
1	222.886	0.000	226.223	-119.909	217.948	120.092
2	216.812	0.000	224.263	-120.250	223.672	122.707
3	230.934	0.000	209.216	-110.951	229.542	127.666
4	213.932	0.000	227.551	-123.525	226.841	120.765
5	223.354	0.000	229.291	-121.213	219.660	112.850
6	222.310	0.000	225.961	-108.875	225.648	118.893
7	217.519	0.000	209.939	-130.985	218.175	118.270
8	212.128	0.000	217.320	-108.649	230.379	131.185
9	209.553	0.000	224.495	-127.459	230.735	122.881
10	218.264	0.000	225.049	-115.989	228.011	124.689

Tabel 2. Data Kinerja Motor Induksi pada tegangan tidak seimbang :

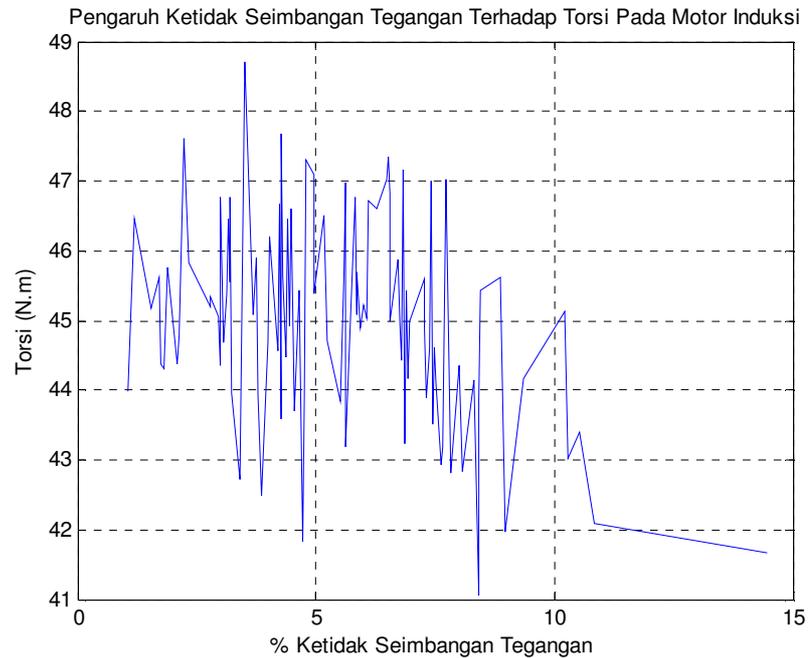
No	Vp (V)	Vn (V)	Ip (A)	In (A)	T (N.m)
1	222.35	2.29	11.50	1.11	46.72
2	221.52	1.68	11.46	0.82	46.37
3	222.69	17.08	11.52	8.31	46.37
4	222.65	2.00	11.51	0.97	46.84
5	223.77	10.84	11.57	5.27	47.12
6	223.59	16.22	11.56	7.89	46.80
7	214.46	12.24	11.09	5.95	43.21
8	219.02	18.41	11.33	8.96	44.75
9	220.94	6.14	11.43	2.99	46.07
10	223.63	6.74	11.56	3.28	47.19

: No : Pin(W) : Pm(W) : Eff (%) :UVF (%) :Ploss (W) :

1	7677.52	7044.52	91.76	1.03	633.00
2	7616.80	6992.59	91.80	0.76	624.21
3	8118.91	6992.03	86.12	7.67	1126.88
4	7696.54	7063.98	91.78	0.90	632.56
5	7939.78	7105.90	89.50	4.85	833.88
6	8139.64	7057.02	86.70	7.25	1082.61
7	7353.66	6515.91	88.61	5.71	837.75
8	7936.12	6748.76	85.04	8.41	1187.36
9	7627.91	6947.03	91.07	2.78	680.88
10	7824.67	7115.41	90.94	3.01	709.26

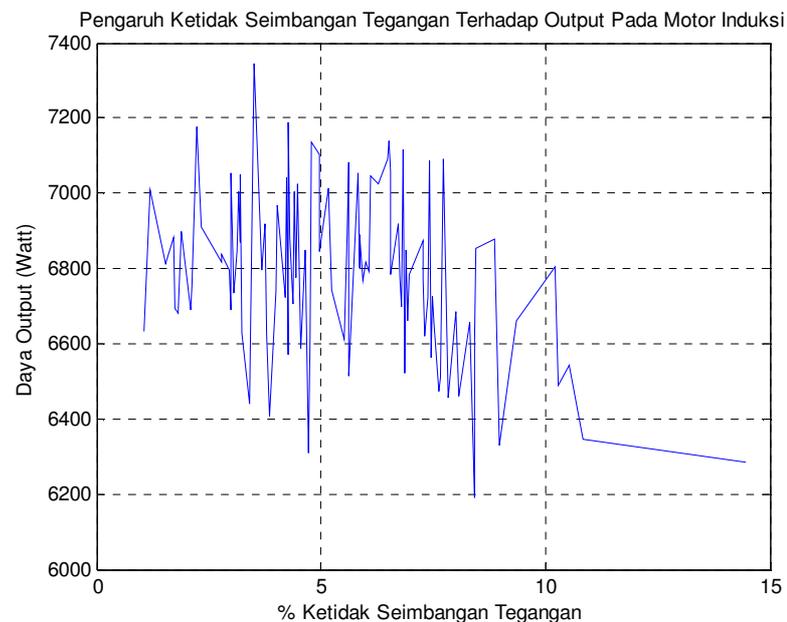


Gambar 1. Pengaruh ketidakseimbangan terhadap efisiensi motor induksi tiga fasa
Dari gambar 1 dapat dilihat ketidakseimbangan tegangan akan mengurangi efisiensi motor induksi tiga fasa.



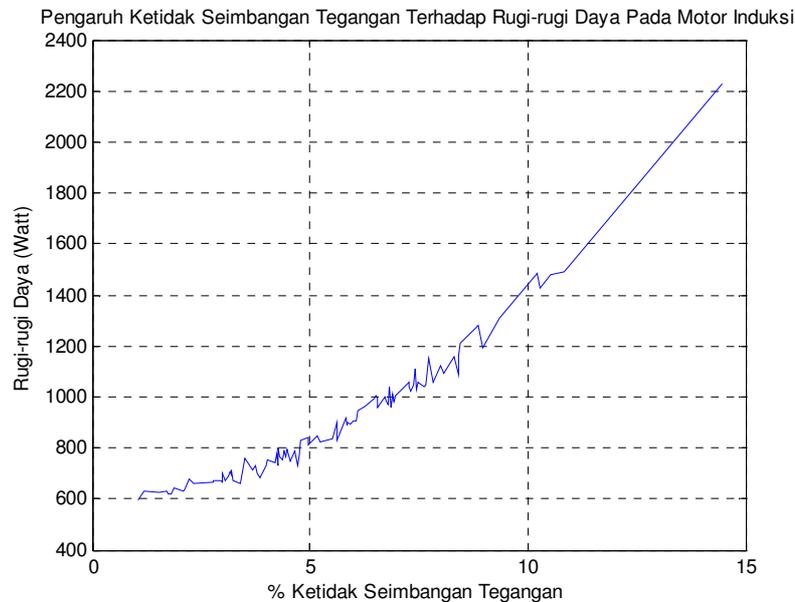
Gambar 2. Pengaruh ketidakseimbangan terhadap Torsi motor induksi tiga fasa

Dari gambar 2 dapat dilihat Torsi motor induksi tiga fasa yang dihasilkan tegangan tidak seimbang lebih kecil dari lebih kecil dari torsi tegangan seimbang 220 V.



Gambar 3. Pengaruh ketidakseimbangan terhadap daya output motor induksi tiga fasa

Dari gambar 3 dapat dilihat daya output motor induksi tiga fasa yang dihasilkan tegangan tidak seimbang lebih kecil dari lebih kecil dari daya output tegangan seimbang 220 V.



Gambar 4. Pengaruh ketidakseimbangan terhadap rugi-rugi daya/losses motor induksi tiga fasa

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa ketidakseimbangan tegangan menyebabkan losses atau rugi-rugi daya motor induksi tiga fasa semakin besar

5. Kesimpulan

1. Ketidakseimbangan tegangan akan mengurangi daya output motor induksi tiga fasa dibandingkan terhadap daya output tegangan seimbang 220 V.
2. Ketidakseimbangan tegangan akan mengurangi efisiensi motor induksi tiga fasa.
3. Ketidakseimbangan tegangan akan meningkatkan losses/rugi-rugi dan meningkatkan temperatur operasi motor induksi tiga fasa.
4. Ketidakseimbangan tegangan akan mengurangi torsi motor induksi tiga fasa dibandingkan terhadap torsi yang dihasilkan tegangan seimbang 220 V.



Daftar Pustaka

1. C S Indulkar, March 2007, Monte Carlo Analysis of a Three-phase Induction Motor for Unbalanced Voltage Supply, IE(I) Journal-EL vol 87
2. Eguiluz, L.I, Lavandero, P and Lara, P, Performance Analysis of a Three-phase Induction Motor under Non- sinusoidal and Unbalanced Conditions
3. Giridhar Kini , R C Bansal , R S Aithal , Impact of voltage unbalance on the performance of three-phase induction motor
4. Kanwarjit Singh Sandhu and Vineet Chaudhary , February 2009, Steady State Modelling of Induction Motor Operating With Unbalanced Supply System, WSEAS TRANSACTIONS on CIRCUITS and SYSTEMS, Vol 8
5. K.V. Vamsi Krishna , Effects of unbalance voltage on induction motor current and its operation performance , Lecon Systems, Technical Paper
6. P Pillay, P Hofmann and M Manyage, December 2002, Derating of Induction Motors Operating with a Combination of Unbalanced Voltages and Over or Undervoltages, IEEE Transactions on Energy Conversion, vol 17, pp 485-491.
7. BL Theraja and AK Theraja, 2002, Text book of Electrical Technology Revised Edition, S Chand Company, New Delhi
8. Theodore Wildi, (1997), Electric Machines, Drives and Power System, Third Edition, Prentice Hall Inc, International Edition, New Jersey
9. Aderiano M.da Silva, B.S, May 2006, Induction Motor Fault Diagnostic And Monitoring Methods, Milwaukee, Wisconsin