

ANALISA DAYA MOTOR INDUKSI 3 FASA PADA OPERASI INTERMITTENT DENGAN VARIASI PERIODE PEMBEBANAN

Arie Sukma Setya Putra^{*)}, Tejo Sukmadi, and Susatyo Handoko

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail : ariesukmasetyaputra@yahoo.co.id

Abstrak

Saat ini, masih jarang dilakukan analisa daya pada motor induksi 3 fasa dengan duty Intermittent. Adapun, analisa daya yang sudah ada dilakukan pada motor induksi yang berdaya besar. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan analisa daya pada motor induksi 3 fasa yang berdaya kecil yang terdapat di Laboratorium Teknik Tenaga Listrik, Undip. Penelitian dilakukan dengan menjalankan motor dengan duty Intermittent. Tujuan penelitian tugas akhir ini adalah mengetahui karakteristik kinerja motor induksi 3 fasa dengan duty Intermittent pada variasi periode pembebanan serta mengetahui penggunaan dayanya untuk melihat efisiensi penggunaan motor induksi tersebut. Penelitian ini dilakukan pada motor induksi 3 fasa 0,75 kW; -Y 220-240 / 380-420 V; 3,2/1,86 A; 50 Hz; 1695 rpm dengan beban motor-generator DC yang dikopel secara mekanis. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa pada kondisi tanpa beban dengan variasi waktu pembebanan $t_b < t_{st}$ memiliki rata-rata daya input stator sebesar 198,4 W dengan rata-rata arus beban 0,998 A dan pada variasi waktu pembebanan $t_b > t_{st}$ memiliki rata-rata daya input stator sebesar 202,34 W dengan rata-rata arus beban 0,994 A. Pada kondisi berbeban dengan variasi waktu $t_b < t_{st}$, efisiensi rata-rata yang dihasilkan motor adalah 37,82 %, sedangkan pada variasi waktu $t_b > t_{st}$, efisiensi rata-ratanya 37,99%.

Kata kunci : motor induksi 3 fasa, daya, duty, Intermittent

Abstract

In recent days, there are still rarely power analysis in the Intermittent duty operation of 3-phase induction motor. Meanwhile, the existing power analysis done on the induction motor with large scale of power. So, this research will do a power analysis on small power 3-phase induction motor in the Laboratory of Power Engineering, Diponegoro University. This research is done by operating the induction motor in Intermittent duty. The purpose of this research is to determine the performance characteristic of 3-phase induction motor in Intermittent duty with load timing variation and to determine its power usage to find the efficiency of its performance. This research is done in 3-phase induction motor with characteristic of: 0,75 kW; -Y 220-240 / 380-420 V; 3,2/1,86 A; 50 Hz; 1695 rpm, mechanically coupled with DC motor-generator as its load. Result from the test showed that in no load condition with load period variation of $t_b < t_{st}$, the average power input in stator is 198,4 W with average load current is 0,998 A, and with load period variation of $t_b > t_{st}$, the average power input in stator is 202,34 W with average load current 0,994 A. In load condition test with load period variation $t_b < t_{st}$, the average efficiency of the machine is 37,82%, where in load period variation $t_b > t_{st}$, the average efficiency is 37,99%.

Key words: 3-phase induction motor, power, duty, Intermittent

1. Pendahuluan

Pada kebanyakan industri besar saat ini menggunakan motor induksi 3 fasa sebagai kuda kerja utama sebagai penggerak dari proses operasi dan produksi dalam industri tersebut. Banyak motor induksi 3 fasa yang digunakan dalam industri menggunakan *duty* kerja *Intermittent*, dengan waktu *on* dan waktu *off* yang disesuaikan dengan kebutuhan operasi.

Pada bidang perencanaan, perhitungan daya sangat diperlukan sebagai bahan pertimbangan sebelum merancang sistem yang akan dikerjakan. Oleh karena itu agar sistem tidak mengalami gangguan, diperlukan perhitungan daya sebelumnya terhadap motor induksi 3 fasa yang akan digunakan sebagai penggerak.

Pada penelitian ini, penulis akan melakukan penelitian dengan motor induksi 3 fasa skala laboratorium (0,75

kW), yang akan dijalankan dengan *duty Intermittent*. Pengujian akan dilakukan dengan mengoperasikan motor pada 2 (dua) kondisi, yakni kondisi tanpa beban (*No Load*) dan kondisi berbeban (*Load*), dengan masing-masing akan diberikan variasi periode pembebanan yang berbeda. Adapun, variasi periode pembebanan yang diberikan adalah waktu $on (t_b) < waktu\ off (t_{st})$ dan waktu $on (t_b) > waktu\ off (t_{st})$. Masing-masing variasi akan diuji selama 10x fase pembebanan dan 10x fase istirahat.

Pada penelitian ini, akan dilakukan perhitungan mengenai slip, daya input stator, rugi-rugi kumparan lilitan stator, daya output stator, rugi kumparan lilitan rotor, dan daya output rotor untuk mendapatkan efisiensi dari motor induksi 3 fasa yang digunakan dalam berbagai variasi periode pembebanan. Kemudian akan dibandingkan hasil perhitungan manual berdasarkan data masukan dari pengukuran dengan hasil simulasi pada *software* MATLAB dengan menggunakan fasilitas Simulink.

2. Metode

2.1 Pengambilan Data

Data masukan yang digunakan pada penelitian ini merupakan data yang diambil dari pengukuran yang dilakukan terhadap motor induksi 3 fasa dengan spesifikasi: 0,75 kW; -Y 220-240 / 380-420 V; 3,2/1,86 A; 50-60 Hz; 1395-1695 rpm yang terdapat di Laboratorium Teknik Tenaga Listrik, Teknik Elektro, Universitas Diponegoro. Parameter yang akan diambil melalui pengukuran ini antara lain tegangan, arus, $\cos \phi$, daya input, putaran rotor, dan suhu motor. Adapun modul pengujian yang digunakan ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Modul Pengujian

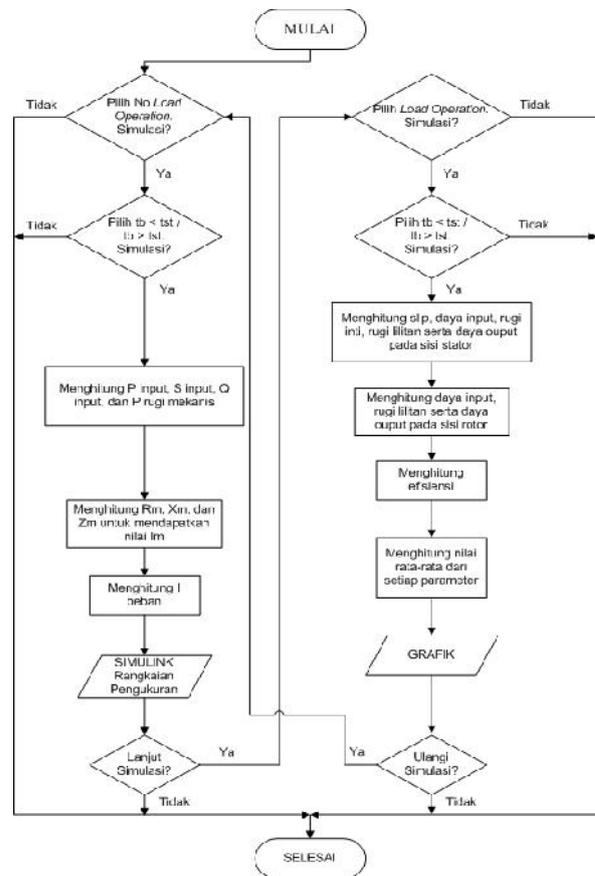
Pengukuran dilakukan dengan cara menjalankan motor dengan *duty* operasi S3: *Intermittent Periodic Duty-Type without Starting* dengan memberikan variasi periode pembebanan. Adapun waktu pembebanan yang akan diberikan pada motor tersebut adalah selama 30 detik fase pembebanan (t_b), 90 detik fase istirahat (t_{st}) dan 90 detik fase pembebanan (t_b), 30 detik fase istirahat (t_{st}). Masing-masing variasi periode pembebanan tersebut akan diberikan pada kondisi motor berbeban (*Load Operation*) dan kondisi motor tanpa beban (*No Load Operation*).

Pengambilan data dilakukan sebanyak 10x terhadap masing-masing variasi.

Parameter yang akan diambil melalui pengukuran ini antara lain tegangan, arus, $\cos \phi$, daya input, putaran rotor, dan suhu motor.

2.2 Perancangan Pengendali Fuzzy (FLC)

Secara umum metodologi penelitian “Analisa Daya Motor Induksi 3 Fasa pada Operasi Intermittent dengan Variasi Periode Pembebanan” dapat dilihat pada diagram alir dalam Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir program “Analisa Daya Motor Induksi 3 Fasa pada Operasi Intermittent dengan Variasi Periode Pembebanan”

Program simulasi pada penelitian ini dirancang memiliki beberapa *layer* tampilan. *Layer* pertama yakni tampilan *cover* awal program, yang dapat dilihat pada Gambar 3. Kemudian *layer* kedua adalah tampilan untuk memilih opsi kondisi pembebanan dan variasi periode pembebanan, yang dapat dilihat pada gambar 4.

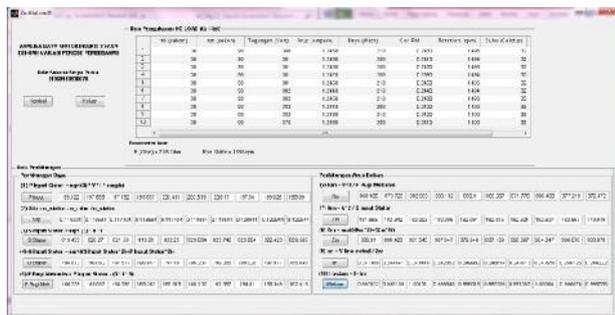


Gambar 3. Tampilan awal program “Analisa Daya Motor Induksi 3 Fasa pada Operasi Intermittent dengan Variasi Periode Pembebanan”

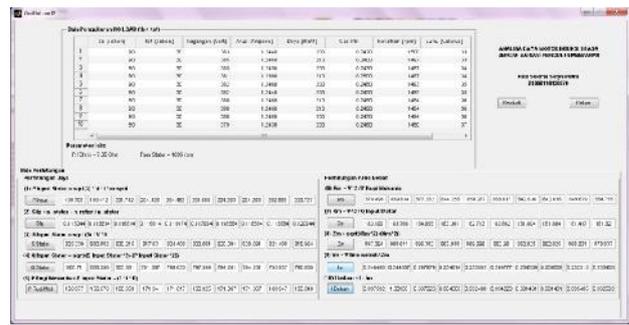


Gambar 4. Tampilan program untuk memilih opsi kondisi pembebanan dan variasi periode pembebanan

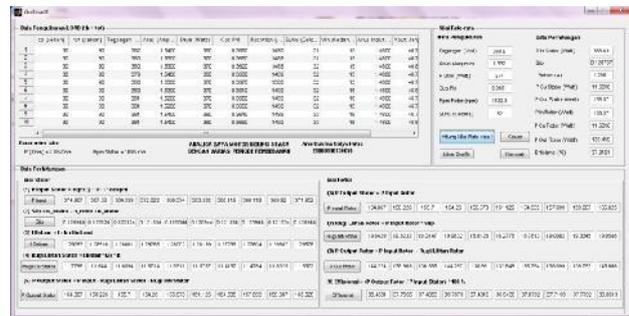
Sedangkan beberapa gambar berikut ini adalah tampilan untuk hasil perhitungan pada masing-masing opsi pada program “Analisa Daya Motor Induksi 3 Fasa pada Operasi Intermittent dengan Variasi Periode Pembebanan”:



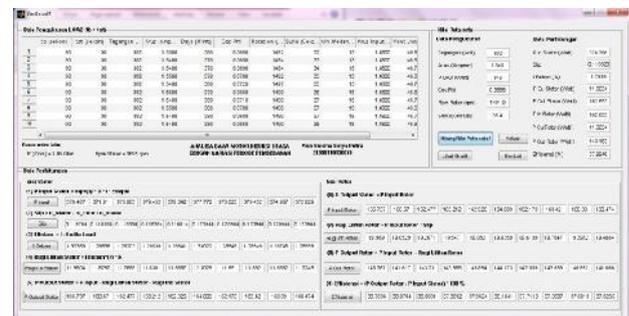
Gambar 5. Tampilan Program Perhitungan pada Kondisi NoLoad dengan $t_b < t_{st}$



Gambar 6. Tampilan Program Perhitungan pada Kondisi NoLoad dengan $t_b > t_{st}$



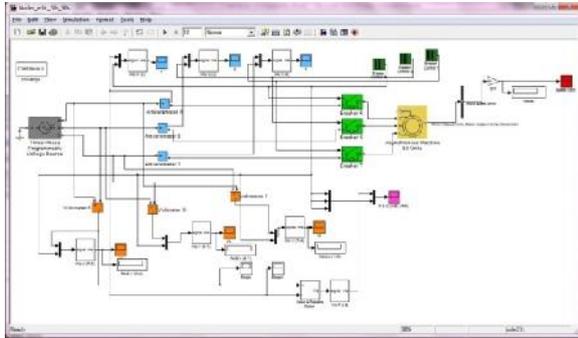
Gambar 7. Tampilan Program Perhitungan pada Kondisi Load dengan $t_b < t_{st}$



Gambar 8. Tampilan Program Perhitungan pada Kondisi Load dengan $t_b > t_{st}$

Untuk membandingkan hasil perhitungan manual, digunakan program Simulink, untuk merepresentasikan pengukuran secara *hardware* ke dalam *software*. Adapun nilai-nilai yang dimasukkan pada parameter-parameter elemen yang digunakan diambil dari nilai pengukuran maupun nilai yang ada pada *datasheet* motor induksi 3 fasa yang digunakan. Melalui simulasi, akan diamati beberapa output parameter yang ditampilkan melalui *scope*, antara lain tegangan pada stator (V_R , V_S , V_T), arus stator (I_R , I_S , I_T Stator), daya input, dan kecepatan putar rotor.

Untuk rangkaian pengukuran yang disimulasikan dalam Simulink, ditampilkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 9. Diagram Operasi Intermittent pada Kondisi Tanpa Beban

3. Hasil dan Analisa

3.1 Kondisi Tanpa Beban (No Load) Variasi Periode $t_b < t_{st}$

3.1.1 Perhitungan Parameter

Pada pengujian tanpa beban, yang pertama kali dilakukan adalah mengetahui besarnya daya aktif (P), daya reaktif (Q), daya semu (S), dan rugi daya mekanis (P rugi mekanis). Hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Perhitungan P, S, Q, dan P rugi mekanis pada Kondisi No Load, $t_b < t_{st}$

Data ke-	P _{No Load} (W)	S _{No Load} (VA)	Q _{No Load} (VAR)	P rugi mekanis (W)
1	199,12	819,43	794,87	166,34
2	197,69	820,27	796,09	165,01
3	197,18	821,59	797,58	164,4
4	195,89	819,61	795,86	163,26
5	201,45	822,25	797,19	168,62
6	200,83	823,08	798,21	168,1
7	200,17	823,75	799,06	167,39
8	197,54	823,08	799,03	164,81
9	199,03	822,43	797,98	166,35
10	195,09	809,51	785,65	162,41

Kemudian, dapat dihitung nilai resistansi magnetis (R_m), reaktansi magnetis (X_m), dan impedansi magnetis (Z_m), yang ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan R_m , X_m , dan Z_m pada Kondisi No Load, $t_b < t_{st}$

Data ke-	R_m ()	X_m ()	Z_m ()
1	868,11	181,66	886,91
2	879,73	182,34	898,42
3	882,98	182	901,54
4	889,13	182,4	907,65
5	860,9	182,09	879,95
6	868,07	182,81	887,11
7	871,77	182,62	890,7
8	885,41	182,63	904,05
9	877,22	182,67	896,08
10	870,47	179,95	888,88

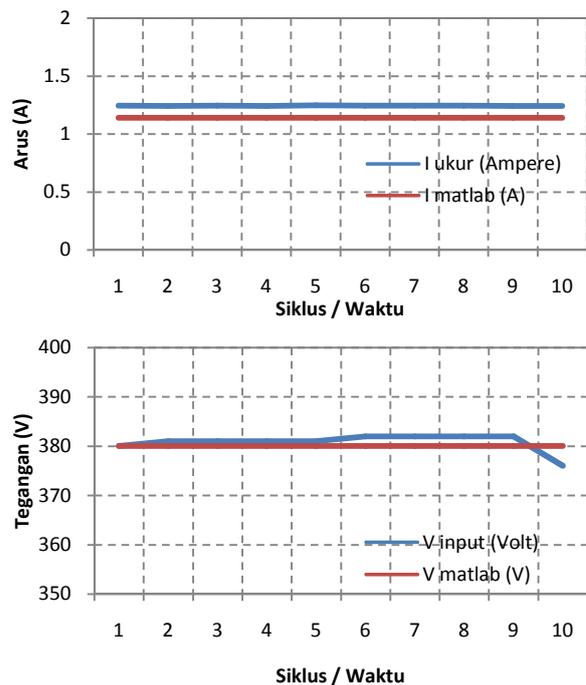
Sehingga didapat nilai arus magnetis (I_m) dan arus beban (I_{beban}) sebagai dasar untuk menghitung rugi lilitan yang terjadi pada kumparan stator. Hasilnya adalah:

Tabel 3. Hasil Perhitungan I_{beban}

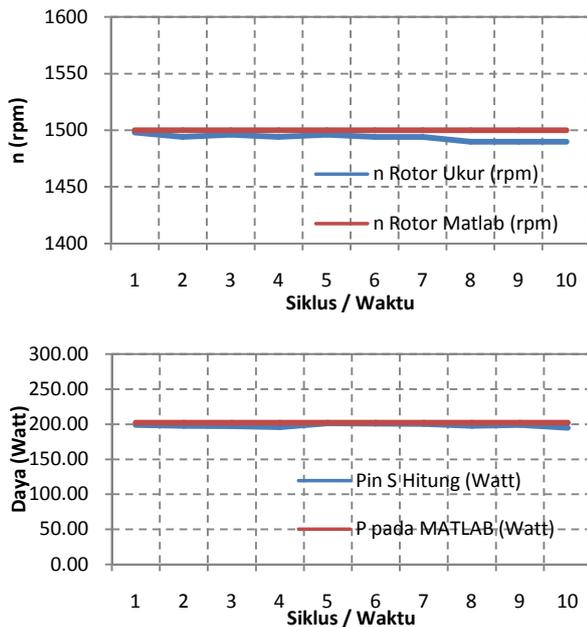
Data ke-	I Input (Ampere)	I_m (Ampere)	I Beban (Ampere)
1	1,54	0,247	1,293
2	1,53	0,245	1,285
3	1,53	0,244	1,286
4	1,54	0,242	1,298
5	1,53	0,25	1,28
6	1,53	0,249	1,281
7	1,52	0,248	1,272
8	1,52	0,244	1,276
9	1,54	0,246	1,294
10	1,54	0,244	1,296

3.1.2 Validasi Hasil Perhitungan Manual dengan Simulasi MATLAB

Hasil pada pengukuran pada kondisi ini dibandingkan dengan hasil simulasi pada MATLAB. Adapun hasil yang didapat dibandingkan melalui grafik pada gambar dibawah ini:



Gambar 10. Perbandingan V_{in} Ukur - MATLAB dan Arus Ukur - MATLAB pada kondisi tanpa beban $t_b < t_{st}$



Gambar 11. Perbandingan Kecepatan Putar Rotor Ukur - MATLAB dan P input ukur - MATLAB pada kondisi tanpa beban $t_b < t_{st}$

Dari grafik diatas, menunjukkan karakteristik *Intermittent* dimana parameter-parameter yang dihasilkan nilainya hampir sama meskipun motor berkali-kali dinyalakan dan dimatikan. Hasil antara pengukuran dan simulasi MATLAB juga sudah menunjukkan nilai yang hampir sama, yang membuktikan bahwa pengukuran yang dilakukan sudah mendekati dengan simulasi pada *software*.

3.2 Kondisi Tanpa Beban (*No Load*) Variasi Periode $t_b > t_{st}$

3.2.1 Perhitungan Parameter

Sama halnya dengan pengujian sebelumnya, dihitung pula besarnya daya aktif (P), daya reaktif (Q), daya semu (S), dan rugi daya mekanis (P rugi mekanis). Hasilnya ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Perhitungan P, S, Q, dan P rugi mekanis pada Kondisi *No Load*, $t_b > t_{st}$

Data ke-	P _{No Load} (W)	S _{No Load} (VA)	Q _{No Load} (VAR)	P rugi mekanis (W)
1	199,71	825,24	800,71	166,98
2	199,41	830,88	806,6	166,58
3	201,74	830,22	805,33	168,96
4	204,41	817,63	791,67	171,94
5	204,45	824,41	798,65	171,62
6	201,66	823,08	798	168,93
7	204,2	820,09	794,26	171,37
8	204,2	820,09	794,26	171,37
9	202,89	821,41	795,96	169,95
10	200,73	815,96	790,89	168,05

Kemudian, dapat dihitung nilai resistansi magnetis (R_m), reaktansi magnetis (X_m), dan impedansi magnetis (Z_m), ditampilkan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perhitungan R_m , X_m , dan Z_m pada Kondisi *No Load*, $t_b > t_{st}$

Data ke-	R_m ()	X_m ()	Z_m ()
1	878,5	183,2	897,39
2	889,83	183,77	908,61
3	877,28	184,05	896,38
4	844,26	183,36	863,94
5	850,29	182,71	869,7
6	863,84	182,86	882,98
7	842,64	181,8	862,03
8	842,64	181,8	862,03
9	849,68	181,42	868,83
10	854,75	181,62	873,84

Kemudian, didapatkan nilai arus magnetis (I_m) dan arus beban (I_{beban}). Hasilnya ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

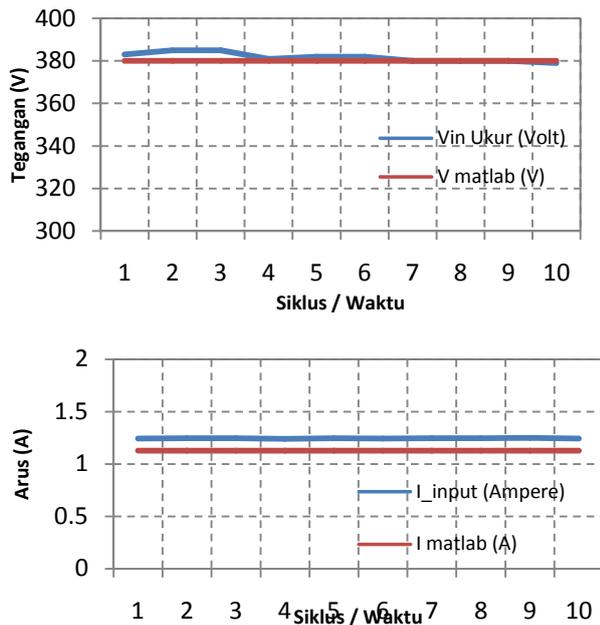
Tabel 6. Hasil Perhitungan I_{beban}

Data ke-	I Input (Ampere)	I_m (Ampere)	I Beban (Ampere)
1	1,55	0,246	1,304
2	1,54	0,245	1,285
3	1,54	0,248	1,292
4	1,55	0,255	1,295
5	1,54	0,254	1,286
6	1,56	0,25	1,31
7	1,54	0,255	1,285
8	1,55	0,255	1,295
9	1,54	0,253	1,287
10	1,54	0,25	1,29

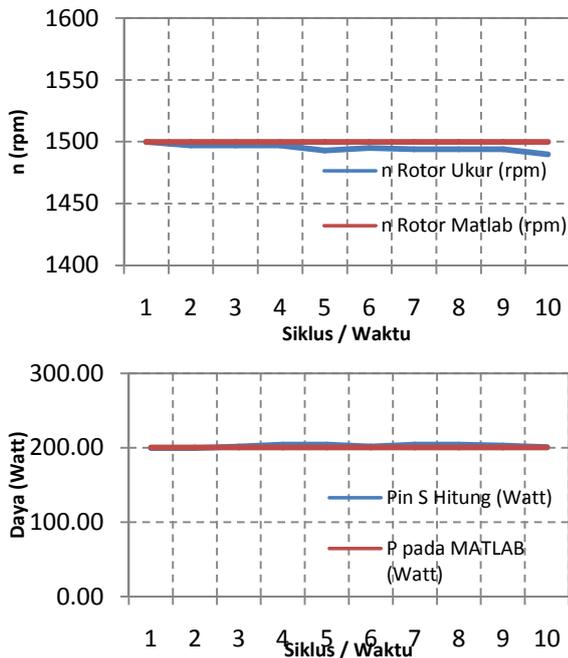
3.2.2 Validasi Hasil Perhitungan Manual dengan Simulasi MATLAB

Pada pengujian kondisi ini juga akan dibandingkan hasilnya dengan simulasi pada MATLAB. Adapun hasil yang didapat dibandingkan melalui grafik pada gambar dibawah ini:

Dari grafik diatas juga menunjukkan karakteristik *Intermittent*, karena parameter yang dihasilkan nilainya hampir sama pada setiap siklus nyala matinya motor. Hasil pada pengukuran dan simulasi MATLAB menunjukkan nilai yang hampir sama. Hal ini juga membuktikan bahwa pengukuran yang dilakukan sudah mendekati dengan simulasi pada *software*.



Gambar 12. Perbandingan Vin Ukur - MATLAB dan Arus Ukur - MATLAB pada kondisi tanpa beban $t_b > t_{st}$

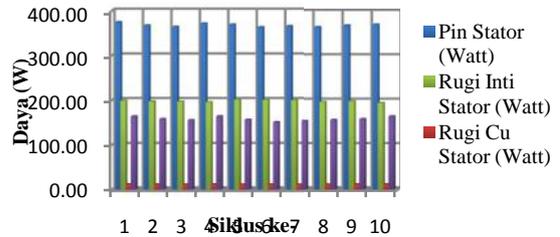


Gambar 13. Perbandingan Kecepatan Putar Rotor Ukur - MATLAB dan P input ukur - MATLAB pada kondisi tanpa beban $t_b > t_{st}$

3.3 Kondisi Berbeban (Load) Variasi Periode Pembebanan $t_b < t_{st}$

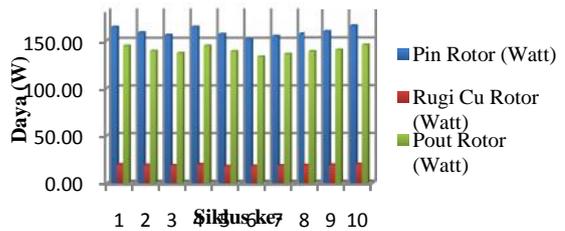
Berdasarkan parameter hasil pengukuran, dapat kita hitung nilai daya input yang terjadi pada stator (P_{in} Stator)

dan rugi inti stator (P_{inti} Stator). Selain itu, dengan menggunakan nilai arus beban pada perhitungan tanpa beban, dapat kita hitung nilai rugi lilitan stator (P_{cu} Stator). Perhitungan ini bertujuan untuk mendapatkan nilai daya output stator (P_{out} Stator). Hasil perhitungan pada pengujian ini ditunjukkan pada gambar 15.



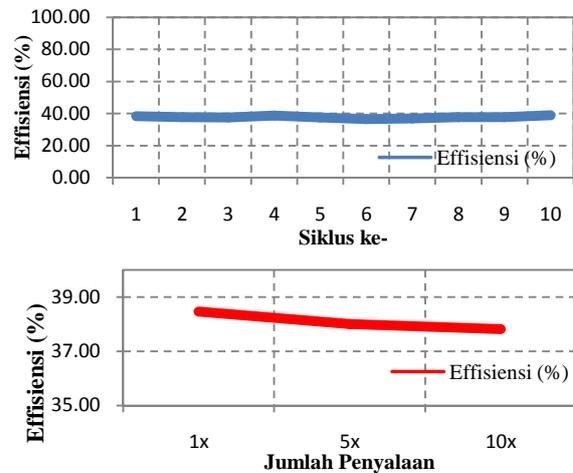
Gambar 14. Grafik Hubungan Pin - Pinti - Pcu - Pout pada Stator Kondisi Load, $t_b < t_{st}$

Setelah itu dapat dihitung rugi lilitan pada rotor (P_{cu} Rotor) untuk mendapatkan nilai Pout Rotor. Hasilnya ditunjukkan dalam gambar 16.



Gambar 15. Grafik Hubungan Pin - Pcu - Pout pada Rotor Kondisi Load, $t_b < t_{st}$

Sehingga didapat nilai efisiensi pada 10 kali siklus penyalaan motor induksi 3 fasa dengan variasi periode $t_b < t_{st}$ pada gambar sebagai berikut:

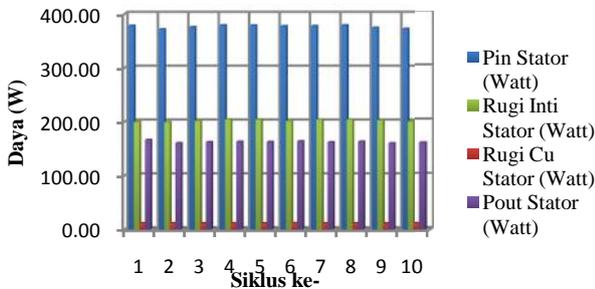


Gambar 16. Grafik Hubungan Efisiensi dengan Siklus Penyalaan

Dari grafik diatas, dapat dilihat karakteristik *Intermittent* dimana nilai efisiensi menunjukkan nilai yang hampir sama meskipun motor berkali-kali dinyalakan dan dimatikan. Namun apabila dicermati lebih lanjut, makin sering motor tersebut mengalami siklus penyalaan, maka makin rendah efisiensinya. Hal ini terjadi karena penumpukan rugi panas di dalam stator saat motor lebih sering mengalami siklus nyala mati.

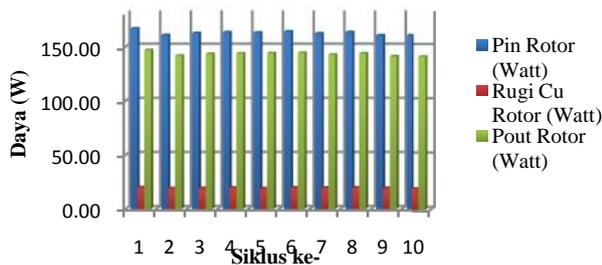
3.4 Kondisi Berbeban (*Load*) Variasi Periode Pembebanan $t_b > t_{st}$

Sama halnya dengan pengujian diatas, pada pengujian ini juga dihitung daya input yang terjadi pada stator (P_{in} Stator), rugi inti stator (P_{inti} Stator), rugi lilitan stator (P_{cu} Stator) dan daya output stator (P_{out} Stator). Hasil perhitungan ditunjukkan pada gambar 18.



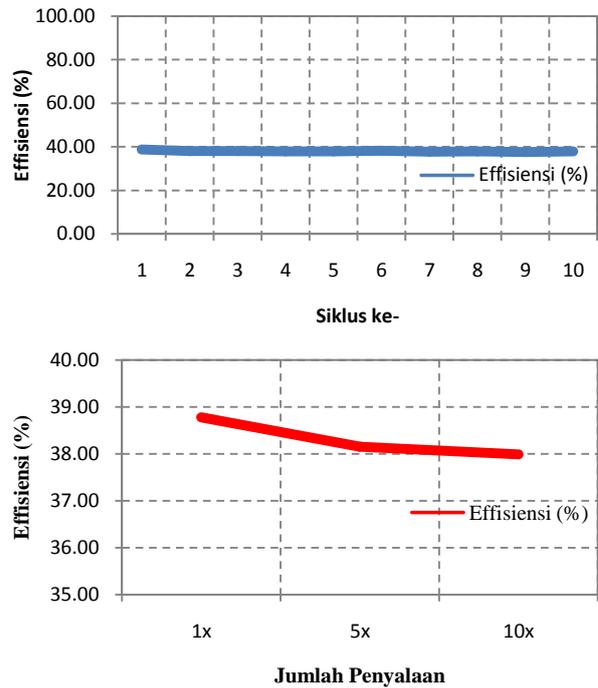
Gambar 17. Grafik Hubungan Pin – Pinti – Pcu – Pout pada Stator Kondisi *Load*, $t_b > t_{st}$

Kemudian, dapat dihitung nilai rugi lilitan pada rotor (P_{cu} Rotor) untuk mendapatkan nilai Pout Rotor. Hasilnya ditunjukkan dalam gambar 19.



Gambar 18. Grafik Hubungan Pin – Pcu – Pout pada Rotor Kondisi *Load*, $t_b > t_{st}$

Maka, didapat nilai efisiensi pada 10 kali siklus penyalaan motor induksi 3 fasa dengan variasi periode $t_b > t_{st}$, adalah sebagai berikut:



Gambar 19. Grafik Hubungan Efisiensi dengan Siklus Penyalaan

Dari grafik diatas juga terlihat karakteristik *Intermittent* dimana nilai efisiensi menunjukkan nilai yang hampir sama meskipun motor berkali-kali mengalami siklus penyalaan. Dapat terlihat pula, makin sering motor tersebut dinyalakan dan dimatikan, maka makin rendah efisiensinya. Hal ini juga disebabkan karena penumpukan rugi panas di dalam stator saat motor lebih sering mengalami siklus nyala mati.

3.5 Perbandingan Efisiensi Terhadap *Duty Cycle* dan Siklus Penyalaan

Apabila ditinjau berdasarkan jumlah siklus penyalaan, akan didapat suatu analisa tertentu mengenai pengaruh jumlah siklus penyalaan dengan efisiensi dari motor induksi tersebut. Adapun hal ini dapat dijabarkan dalam suatu tabel hasil sebagai berikut:

Tabel 7. Perbandingan Efisiensi Berdasarkan Siklus Penyalaan pada Pengujian Berbeban

Jumlah Penyalaan	Efisiensi pada Pengujian $t_b < t_{st}$ (%)	Efisiensi pada Pengujian $t_b > t_{st}$ (%)
1x	38,46	38,78
5x	38,01	38,15
10x	37,82	37,99

Selain itu, dapat dilihat efisiensi kerja rata-rata dari motor induksi 3 fasa pada operasi *Intermittent* kondisi berbeban terhadap *duty cycle*-nya, yakni:

Tabel 8. Perbandingan Rata-rata Efisiensi Berdasarkan Duty Cycle pada Pengujian Berbeban

Duty Cycle (%)	Efisiensi Rata-rata (%)
25	37,82
75	37,99

Sehingga dapat disimpulkan, semakin lama waktu pembebanan (t_b) dari motor tersebut, atau dengan kata lain semakin besar *duty cycle* dari suatu siklus kerja motor, maka akan semakin besar efisiensi kerjanya. Bila ditinjau dari jumlah penyalaan, maka efisiensi kerja dari suatu motor induksi akan semakin berkurang seiring dengan banyaknya siklus operasi *Intermittent* yang dialaminya.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, pada pengujian tanpa beban (*No Load Test*) dengan variasi waktu pembebanan $t_b < t_{st}$ pada 10 siklus penyalaan, didapatkan nilai arus magnetisasi (I_m) berkisar 0,242 – 0,25 Ampere. Sedangkan untuk variasi waktu pembebanan $t_b > t_{st}$ mendapatkan hasil arus magnetis (I_m) berkisar 0,245 – 0,255 Ampere. Pada pengujian berbeban (*Load Operation*) dengan variasi waktu pembebanan $t_b < t_{st}$, diperoleh nilai P_{in} Stator berkisar 363,53 – 374,97 Watt dan P_{out} Rotor berkisar 132,85 – 145,07 Watt. Sehingga diperoleh nilai efisiensi sebesar 36,54 – 39 %. Sedangkan pada pengujian berbeban (*Load Operation*) dengan variasi waktu pembebanan $t_b > t_{st}$, diperoleh nilai P_{in} Stator berkisar 371,91 – 379,45 Watt, P_{out} Rotor berkisar 140,99 – 146,77 Watt dan diperoleh nilai efisiensi sebesar 37,71 – 38,78 %. Semakin sering motor mengalami siklus nyala dan mati, maka akan semakin rendah efisiensinya. Hal ini ditunjukkan pada pengujian berbeban dengan variasi waktu pembebanan $t_b < t_{st}$, efisiensi 1x siklus adalah sebesar 38,46 %; efisiensi 5x siklus 38,01 %; dan efisiensi 10x siklus 37,82 %.

Sama halnya pada pengujian berbeban dengan variasi waktu pembebanan $t_b > t_{st}$, menunjukkan efisiensi 1x siklus adalah 38,78 %; efisiensi 5x siklus 38,15 %; dan efisiensi 10x siklus besarnya 37,99 %. Semakin besar *relativeduty cycle* (t_r) dari suatu siklus kerja motor, maka akan semakin besar efisiensinya. Hal ini ditunjukkan pada pengujian dengan *duty cycle* 25%, efisiensi rata-rata dari 10x siklus operasi adalah 37,82%. Sedangkan pada *duty cycle* 75%, efisiensi rata-ratanya adalah 37,99%.

Referensi

- [1] W. Boughanmi, J.P. Manata, D. Roger, T. Jacq, F. Streiff. *Intermittent Duty Of Induction Machine: Investigations Of Energy Efficiency For Environmental Impact Minimization*. Univ. Lille Nord de France, F-59000 Lille: France.
- [2] Suyamto. *Analisis Daya dan Torsi pada Motor Induksi*. STTN BATAN, Yogyakarta. 2009.
- [3] *Application Basics of Operation of Three-phase Induction Motors, Design Duty Types Selection Dimensioning*. Rockwell Automation.
- [4] Hari Riyadi, Aji. *Analisa Torsi dan Putaran Motor Induksi Tiga Fasa dengan Simulasi Matlab*. Universitas Diponegoro. 2004.
- [5] Khaeri, Achmad Nur. *Analisis Diagram Lingkaran Pada Belitan Single Layer Dan Analisis Steady State Pada Belitan Double Layer Lap Winding Motor Induksi Tiga Fasa*. Universitas Diponegoro. 2006
- [6] Kofler. *Stray Load Losses in Induction Machines: A Review of experimental measuring Methods and a Critical Performance Evaluation*. Technische Universität Graz, Austria.
- [7] Pohl, Robert. *Rating and Testing of Motors For Intermittent Working*. Yorkshire Local Section. England.
- [8] Valenzuela, M. Anibal. Verbakel, Paulus V. Rooks, James A. *Thermal Evaluation for Applying TEFC Induction Motors on Short-Time and Intermittent Duty Cycles*. IEEE. 2013.
- [9] Krings, Andreas. Souldard, Juliette. *Overview and Comparison of Iron Loss Models for Electrical Machines*. KTH Royal Institute of Technology. Sweden. 2010.
- [10] Chee-Mun Ong. *Dynamic Simulation of Electric Machinery Using Matlab / Simulink*. Prentice Hall PTR. New Jersey. 1998.
- [11] Wildi Toldore. *Electrical Machine, Drives, and Power Systems*, Prentice-Hall International Inc, 1981.
- [12] *Intermittent Duty Operation*. Danaher Motion. Kollmorgen.