

Simulasi Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Berkapasitas 6000 Watt dengan Metode V/F Scalar Control menggunakan Software PSIM

ANGGIT GUSTI RAMDANI^{1*}, SYAHRIAL¹

¹Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: anggit.gusti.ramdani98@gmail.com

Received 2023-01-11 | *Revised* 2023-01-18 | *Accepted* 2023-01-18

ABSTRAK

Motor induksi yang digunakan di dindustri harus diatur kecepatannya, salah satunya adalah dengan metode V/f scalar control untuk pengaturannya. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan hubungan antara kecepatan terhadap pertambahan beban. Maka dari itu dilakukan simulasi pengaturan kecepatan motor induksi 3 fasa dengan mengatur perubahan frekuensi dan tegangan referensi pada sistem kontrol, lalu mengubah beban dari 2 Nm sampai 40 Nm. Data yang diperoleh melalui simulasi dengan frekuensi 50 Hz dan beban sebesar 40 Nm, kecepatannya adalah 1432 rpm. Dengan beban yang sama tetapi frekuensi diturunkan menjadi 40 Hz, kecepatannya menjadi 1142,1 rpm. Jika frekuensi diturunkan lagi menjadi 30 Hz maka kecepatan motor akan mengalami penurunan menjadi 855,96 rpm. Tandanya v/f control dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan pada motor melalui frekuensi yang berubah-ubah.

Kata kunci: *efisiensi, kecepatan motor, motor induksi 3 fasa, software psim, v/f scalar control*

ABSTRACT

Induction motors are used in the industry must be regulated speed, one of which is the V/f scalar control method for regulation. The purpose of this study is to obtain the relationship between speed and load gain. Therefore, a simulation of setting the speed of a 3-phase induction motor is carried out by adjusting the frequency and reference voltage changes in the control system, then changing the load from 2 Nm to 40 Nm. The data obtained through simulation with a frequency of 50 Hz and a load of 40 Nm, the speed is 1432 rpm. With the same load but the frequency lowered to 40 Hz, the speed becomes 1142.1 rpm. If the frequency is lowered again to 30 Hz, the motor speed will decrease to 855.96 rpm. The sign is that v/f control can affect the power generated in the motor through changing frequencies.

Keywords: *3 phase induction motors, efficiency, motor speed, software psim, v/f scalar control*

1. PENDAHULUAN

Motor induksi saat ini paling banyak digunakan di kalangan industri, karena memiliki beberapa keunggulan, diantaranya konstruksi yang sederhana, lebih ringan, harganya relatif murah, memiliki efisiensi yang tinggi, dan tidak sulit dalam hal pemeliharaannya dibandingkan dengan motor DC. Motor induksi yang sering digunakan di kalangan industri adalah motor induksi 3 fasa, karena pada dasarnya motor induksi 3 fasa memiliki kecepatan yang konstan dalam keadaan tanpa beban maupun beban penuh **(Noorly Evalina, 2018)**. Motor induksi disebut juga motor tak serempak merupakan motor arus bolak-balik (AC) yang paling luas digunakan. Karena kesederhanaannya, konstruksinya yang kuat dan karakteristik kerjanya yang baik, motor induksi tiga fasa dengan rotor sangkar merupakan suatu motor dengan kecepatan tetap yang mempunyai sekitar 5% penurunan kecepatan dari tanpa beban sampai beban penuh. Pada pemakaian tertentu pengoperasian motor induksi membutuhkan pengaturan kecepatan yang bervariasi, untuk itu perlu diatur kecepatan putaran motor induksi 3 fasa **(Nasution, 2018)**.

Pengendalian kecepatan motor dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya yaitu dengan mengubah jumlah kutub dan pengaturan frekuensi. Pengaturan kecepatan motor dengan prinsip pengaturan frekuensi dapat dilakukan dengan menggunakan inverter. Cara pengaturan kecepatan ini paling mudah dan efektif apabila dibandingkan dengan yang lain, terutama untuk motor induksi **(Haryanto H, 2016)**.

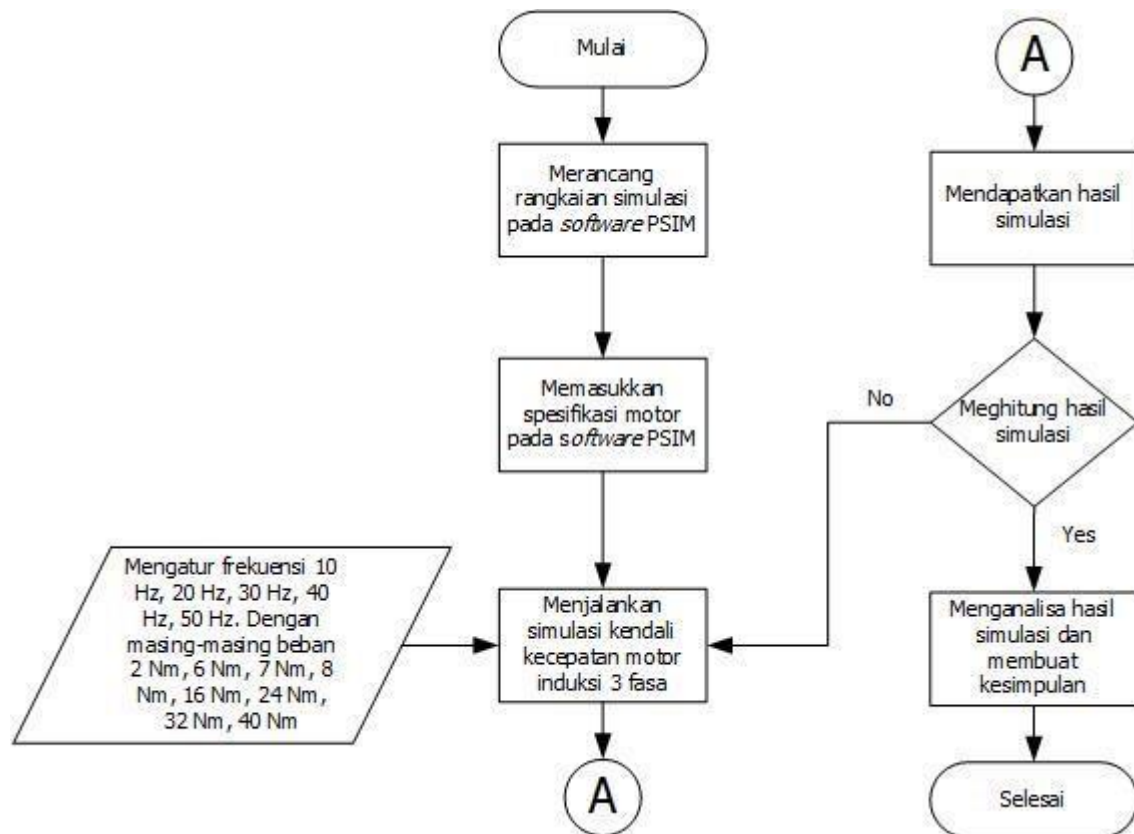
Perubahan frekuensi jala-jala untuk mengatur kecepatan motor induksi terbagi menjadi dua, yaitu skalar kontrol dan vektor kontrol. Keunggulan vektor kontrol adalah motor induksi dapat dikontrol seperti motor DC eksitasi terpisah sehingga memungkinkan pengontrolan variabel secara terpisah. Dalam hal ini variabel yang dimaksud ialah fluks dan torsi. Kompleksnya keunggulan yang ditawarkan vektor kontrol berbanding lurus dengan sulitnya penerapan dan implementasi metode tersebut pada motor induksi. Sedangkan keuntungan skalar vektor adalah memiliki struktur kendali yang sederhana, mudah dan cepat diprogram serta dapat dioperasikan dengan kendali loop terbuka, sehingga secara ekonomis lebih murah **(Prasetya, 2018)**. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hubungan kecepatan motor induksi tiga fasa terhadap beban pada aplikasi Variable Frequency Drive (VFD) atau inverter serta mendapatkan hubungan antara penambahan beban pada frekuensi tertentu terhadap efisiensi motor induksi tiga fasa.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Diagram Alir Penelitian

Gambar 1 menjelaskan tentang proses pengambilan data sampai analisis simulasi pengaturan kecepatan motor induksi 3 fasa. Simulasi pada penelitian ini menggunakan software PSIM yang kemudian digunakan beberapa elemen termasuk motor induksi 3 fasa agar simulasi berjalan dengan baik.

Simulasi Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Berkapasitas 6000 Watt dengan Metode V/F
Scalar Control menggunakan Software PSIM



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa

Gambar 1 menunjukkan langkah-langkah dalam memulai penelitian , langkah pertama adalah menentukan topik dan melakukan pembelajaran dari literatur mengenai topik tersebut. Lalu penulis membuat rangkaian pengaturan kecepatan pada software PSIM. Setelah itu menjalankan simulasi untuk mendapatkan beberapa data seperti kecepatan, tegangan input, arus input, dan torka mekanik. Data tersebut lalu diolah dan dianalisis.

2.2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode simulasi, dimana simulasi ini menggunakan aplikasi Power Simulator (PSIM). Adapun data-data penunjang simulasi yaitu parameter motor induksi 3 fasa diperoleh dengan cara pengamatan langsung melalui percobaan di Laboratorium Teknik Energi Elektrik Program Studi Teknik Elektro Itenas.

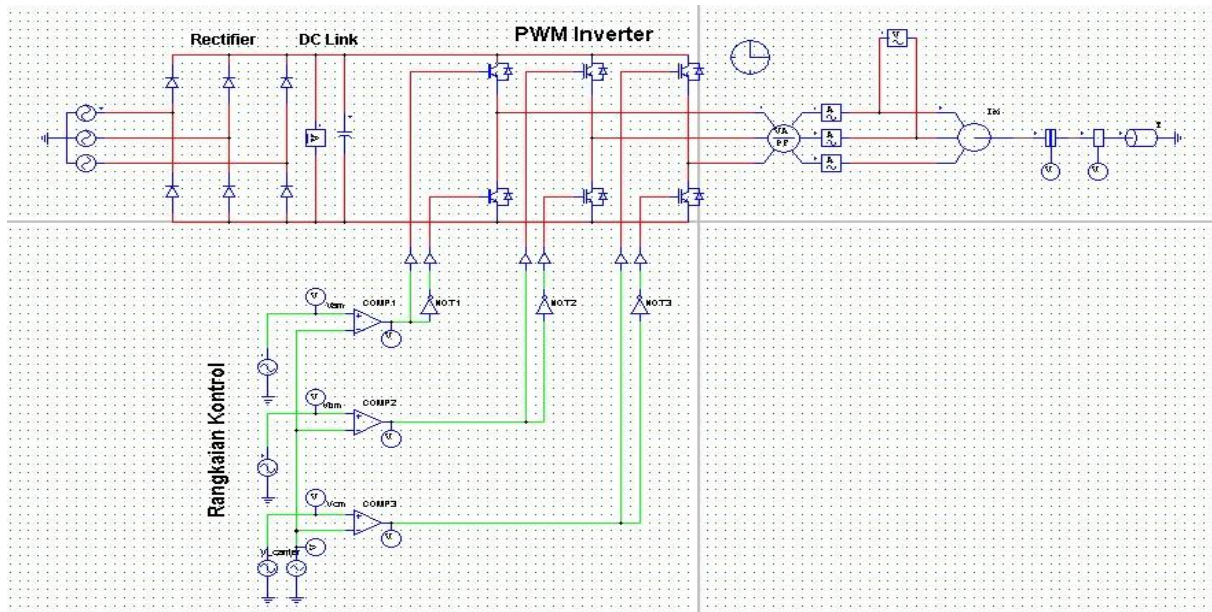
2.2.1. Metode Penelitian

Data yang akan diambil dari hasil simulasi pada software PSIM berupa:

- Kecepatan (n)
- Tegangan input (V_{in})
- Arus input (I_{in})
- Faktor daya
- Torka mekanik (Nm)

2.3. Rangkaian Simulasi

Pada penelitian ini dapat dilihat perubahan kecepatan motor induksi tiga fasa terhadap perubahan torka beban dan melihat efisiensinya. Frekuensi diatur 50 Hz, 40 Hz, 30 Hz, 20 Hz, 10 Hz menggunakan amplitudo tegangan 0,98 V, 0,784 V, 0,588 V, 0,392 V, 0,196 V dengan memvariasikan torka beban pada motor induksi tiga fasa sebesar 2 Nm, 6 Nm, 7 Nm, 8 Nm dan 16 Nm, 24 Nm, 32 Nm, 40 Nm. Bagian yang diatur adalah bagian referensi pada rangkaian kontrol yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema Rangkaian Simulasi Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa

Pada Gambar 2, ditunjukkan sumber tegangan AC tiga fasa melewati rectifier untuk disearahkan menjadi tegangan DC yang kemudian melewati DC Link untuk disaring. Lalu dilihat rangkaian inverter terhubung dengan rangkaian kontrol yang dimana rangkaian kontrol tersebut berfungsi untuk mengatur proses switching pada IGBT. Perintah dari rangkaian kontrol berupa duty cycle yang akan mengatur durasi switching dari IGBT yang dimana perubahan duty cycle tersebut bergantung pada perubahan frekuensi dan tegangan referensi.

2.4. Perhitungan Hasil Simulasi

Setelah melakukan simulasi dan mendapatkan nilai yang dibutuhkan, dilakukan perhitungan hasil simulasi untuk menentukan nilai-nilai yang dibutuhkan seperti daya input, kecepatan sudut dan daya output dengan persamaan:

- Untuk mencari daya input motor menggunakan Persamaan (1) (Chapman, 2005).

$$P_{in} = V_{in} \times I_{in} \times \cos \theta \times \sqrt{3} \quad (1)$$

Dimana:

P_{in} = Daya input (Watt)

V_{in} = Tegangan input (Volt)

I_{in} = Arus input (A)

$\cos \theta$ = Faktor daya

- Untuk mencari kecepatan sudut motor menggunakan Persamaan (2).

$$\omega = 2\pi \frac{n}{60} \quad (2)$$

Simulasi Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Berkapasitas 6000 Watt dengan Metode V/F
Scalar Control menggunakan Software PSIM

Dimana:

ω = Kecepatan sudut (Rad/s)

n = Kecepatan putar motor (rpm)

- Untuk mencari daya output motor menggunakan Persamaan (3).

$$P_{out} = T \times \omega \quad (3)$$

Dimana:

P_{out} = Daya output (Watt)

T = Torka beban (Nm)

ω = Kecepatan sudut (Rad/s)

- Untuk mencari efisiensi motor menggunakan Persamaan (4).

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana :

P_{out} = Daya Output (Watt)

P_{in} = Daya Input (Watt)

3. DATA DAN ANALISIS

3.1. Data Penelitian

Data hasil pengukuran yang dilakukan pada simulasi berupa kecepatan motor, tegangan input, arus input, faktor daya, dan torka motor. Data tersebut kemudian dihitung berdasarkan Persamaan (1), Persamaan (2), Persamaan (3), dan Persamaan (4). Hasil dari pengukuran dan perhitungan bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Simulasi dan Perhitungan

Beban	Kecepatan	V _{in}	I _{in}	Faktor Daya	ω	Torka Beban	P _{in}	P _{out}	η (efisiensi)	slip
(Nm)	(rpm)	(volt)	(ampere)		(rad/s)	(Nm)	(watt)	(watt)	(%)	(%)
Frekuensi 50 Hz										
2	1496,77	389,07	1,41	0,52	156,66	2,02	494,10	316,46	64,05	0,22
6	1490,31	389,81	2,17	0,69	155,99	6,02	1010,93	939,03	92,89	0,65
7	1488,70	390,18	2,34	0,70	155,82	7,02	1106,98	1093,84	98,81	0,75
8	1487,07	390,3	2,57	0,72	155,65	8,02	1250,91	1248,29	99,79	0,86
16	1473,86	390,37	4,73	0,78	154,26	16,02	2494,55	2471,31	99,07	1,74
24	1460,28	389,57	7,01	0,79	152,84	24,02	3736,73	3671,28	98,25	2,65
32	1446,35	388,94	9,33	0,79	151,38	32,03	4965,37	4848,85	97,65	3,58
40	1432	388,06	11,59	0,8	149,88	40,02	6232,08	5998,30	96,25	4,53
Frekuensi 40 Hz										
2	1197,22	368,65	1,58	0,38	125,31	2,03	383,37	254,38	66,35	0,23
6	1191,68	366,98	2,1	0,6	124,73	6,03	800,89	752,12	93,91	0,69
7	1190,28	376,06	2,26	0,61	124,58	7,02	897,96	874,57	97,40	0,81
8	1188,9	367,07	2,46	0,64	124,44	8,02	1000,98	997,99	99,70	0,92
16	1177,62	368,16	4,33	0,73	123,26	16,02	2015,62	1974,59	97,96	1,87
24	1166,11	368,52	6,43	0,74	122,05	24,03	3037,14	2932,93	96,57	2,82
32	1154,23	367,79	8,55	0,75	120,81	32,03	4084,96	3869,53	94,73	3,81
40	1142,1	367,81	10,7	0,76	119,54	40,03	5180,62	4785,18	92,37	4,83
Frekuensi 30 Hz										
2	897,9	338,64	1,42	0,31	93,98	2	258,20	187,96	72,80	0,23

Simulasi Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Berkapasitas 6000 Watt dengan Metode V/F
Scalar Control menggunakan Software PSIM

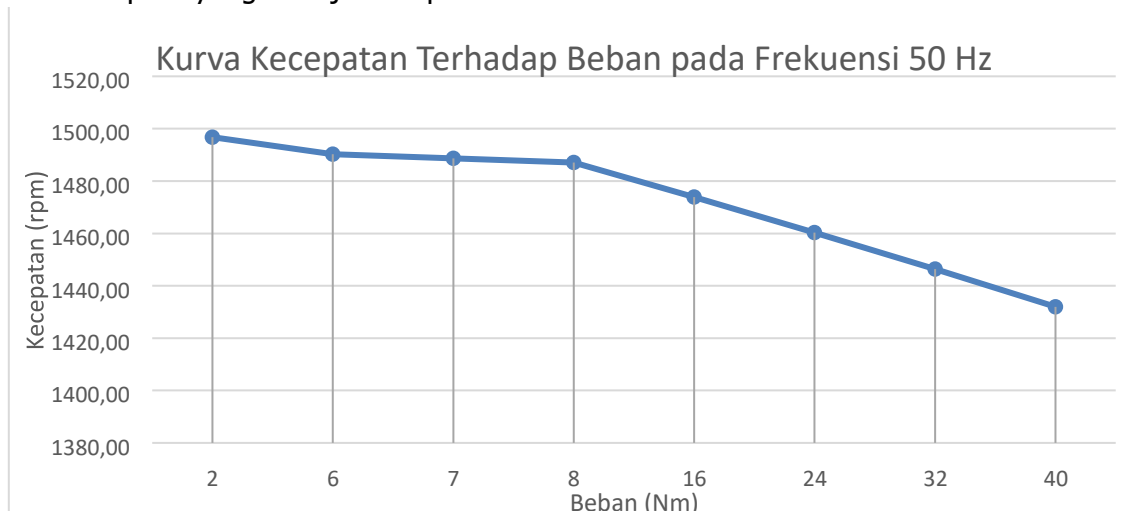
6	893,7	339,27	1,89	0,53	93,54	6	588,63	561,24	95,35	0,70
7	892,67	339,72	2,03	0,55	93,43	7,01	656,96	654,96	99,70	0,81
8	891,62	340,18	2,28	0,57	93,32	8,1	765,74	755,92	98,72	0,93
16	883,1	340,99	3,87	0,67	92,43	16,1	1531,40	1488,14	97,18	1,88
24	874,26	340,81	5,69	0,68	91,51	24	2283,99	2196,14	96,15	2,86
32	865,26	339,82	7,55	0,69	90,56	32,1	3066,24	2907,10	94,81	3,86
40	855,96	339,32	9,47	0,7	89,59	40,1	3895,99	3592,58	92,21	4,89
Frekuensi 20 Hz										
2	598,66	308,98	1,63	0,23	62,66	1,98	200,63	124,07	61,84	0,22
6	595,97	309,51	1,99	0,39	62,38	5,98	416,06	373,02	89,66	0,67
7	595,3	309,61	2,08	0,42	62,31	6,97	468,48	434,29	92,70	0,78
8	594,62	309,83	2,17	0,45	62,24	8,2	524,03	510,34	97,39	0,90
16	589,17	310,51	3,32	0,57	61,67	15,96	1017,77	984,20	96,70	1,81
24	583,64	310,95	4,67	0,61	61,09	23,97	1534,26	1464,27	95,44	2,73
32	577,98	310,97	6,11	0,62	60,50	32	2040,38	1935,85	94,88	3,67
40	571,27	299,24	8,07	0,62	59,79	40,1	2593,26	2397,70	92,46	4,79
Frekuensi 10 Hz										
2	297,24	177,8	1,6	0,17	31,11	1,96	83,76	60,98	72,80	0,92
6	291,11	181,76	2,16	0,29	30,47	5,95	197,20	181,29	91,93	2,96
7	289,69	181,89	2,23	0,31	30,32	6,93	217,79	210,12	96,48	3,44
8	288,31	178,14	2,69	0,32	30,18	7,94	265,60	239,60	90,21	3,90
16	275,76	179,75	4,15	0,4	28,86	15,95	516,82	460,36	89,08	8,08
24	266,44	180,9	5,18	0,47	27,89	23,95	762,83	667,90	87,56	11,19
32	253,59	181,98	6,44	0,49	26,54	31,96	994,64	848,30	85,29	15,47
40	239,56	181,78	7,65	0,5	25,07	39,96	1204,31	1001,95	83,20	20,15

Pada Tabel 1, hasil pengukuran berupa kecepatan motor, tegangan input, arus input, faktor daya, kecepatan sudut, dan torka beban. Data-data tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung daya input, daya output, efisiensi, dan slip. Pada Tabel 1 juga ditunjukkan hasil

simulasi mulai dari frekuensi 10 Hz sampai 50 Hz dengan perubahan beban mulai dari 2 Nm, 6 Nm, 7 Nm, sampai 40 Nm.

3.2. Hubungan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Terhadap Perubahan Beban

Kecepatan motor induksi 3 fasa berubah-terhadap beban, hal itu sesuai dengan karakteristik motor induksi itu sendiri (Chapman, 2005). Kecepatan motor akan menurun Ketika bebannya ditambah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

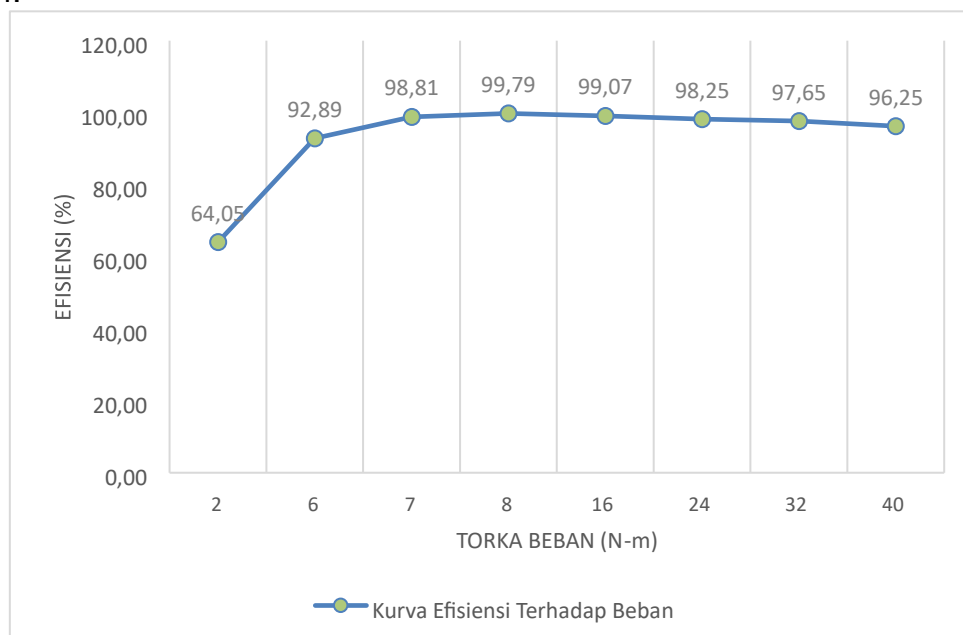


Gambar 3. Grafik Kecepatan Terhadap Beban Pada Frekuensi 50 Hz

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara kecepatan motor dengan beban yang dimana Ketika beban motor 2 Nm maka kecepatannya 1496,77 RPM. Begitu juga ketika beban motor ditambah sampai 40 Nm, kecepatannya mengalami penurunan menjadi 1432 RPM.

3.2. Hubungan Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Terhadap Perubahan Beban

Hubungan efisiensi motor induksi tiga fasa terhadap perubahan beban akan ditunjukkan pada Gambar 4.

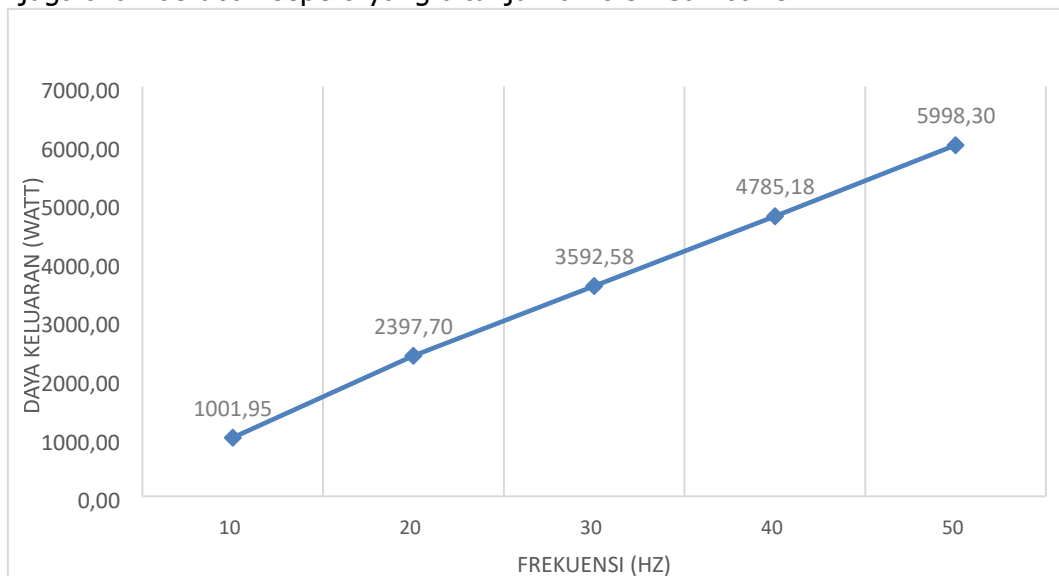


Gambar 4. Grafik Efisiensi Terhadap Beban Pada Frekuensi 50 Hz

Gambar 4 menunjukkan perubahan efisiensi terhadap beban yang berubah-ubah. Pada saat simulasi dengan frekuensi 50 Hz, dengan beban yang pertama yaitu 2 Nm, efisiensi motor adalah 64,05%. Pada saat beban ditambah menjadi 6 Nm efisiensi motor bertambah menjadi 92,89%. Pada saat beban ditambah lagi ke 8 Nm efisiensi motor juga bertambah menjadi 99,79%, tetapi pada saat torka beban dinaikkan ke 16 Nm efisiensi motor menurun menjadi 99,07%, dan efisiensi motor akan terus menurun ketika bebannya ditambah melebihi 16 Nm. Ketika beban terus bertambah, daya output motor akan semakin mendekati rugi-rugi pada inti besi sedangkan rugi-rugi inti besi akan tetap konstan (Anthony, 2011). Sehingga menyebabkan penurunan efisiensi motor induksi 3 fasa.

3.3. Hubungan V/F Control Terhadap Daya Motor Induksi 3 Fasa

Percobaan pada beban yang sama dan frekuensi yang berubah-ubah, maka daya output motor juga akan berubah seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Daya Terhadap Frekuensi Pada Beban 40 Nm

Gambar 5 menunjukkan motor dengan beban 40 Nm dengan frekuensi 50 Hz, kecepatannya adalah 1432 rpm. Jika frekuensi diturunkan menjadi 40 Hz dengan beban yang sama 40 Nm, kecepatan motor menjadi 1142,1 rpm. Kecepatan motor juga akan menurun ketika frekuensi masukannya diturunkan sampai 10 Hz. Berdasarkan Persamaan (2) dan Persamaan (3) dimana frekuensi memengaruhi nilai ω , sedangkan ω memengaruhi daya motor. Jadi penurunan frekuensi akan membuat daya keluaran motor juga mengalami penurunan.

Berdasarkan hasil simulasi pada motor induksi 3 fasa, didapatkan beberapa hasil analisis mengenai hubungan kecepatan terhadap torka yang berubah – ubah dan perubahan efisiensi terhadap perubahan torka beban:

1. Pada simulasi pertama dengan frekuensi 50 Hz dengan torka beban 2 Nm, nilai kecepatan berada pada 1496,77 rpm, arus yang didapat pada torka beban 2 Nm adalah 1,41 ampere. Pada saat beban dinaikkan ke 8 Nm nilai kecepatan menurun menjadi 1487,07 rpm. Hal tersebut juga juga terjadi untuk beban berukuran lebih besar lainnya kecepatan akan mengalami penurunan, bisa dilihat pada Tabel 1, di mana jika beban ditambah hingga 40 Nm maka kecepatan motor akan terus menurun.

2. Pada simulasi saat frekuensi 40 Hz sampai dengan 10 Hz dan dengan cara yang sama mengubah – ubah torka beban dari 2 Nm sampai dengan 40 Nm, dapat dilihat pada Tabel 1, bahwa kecepatan motor akan turun saat torka beban ditambah. Begitu juga dengan arus, arus akan semakin besar ketika torka beban ditambah, karena nilai beban torka linear dengan nilai arus.
3. Untuk efisiensi motor induksi 3 fasa pada Gambar 4, pada frekuensi 50 Hz, efisiensi motor yang didapat dari perhitungan, nilainya tidak konstan, itu dikarenakan perlunya penambahan tegangan referensi agar dapat menopang torka motor.
4. Pada percobaan di frekuensi 50 Hz, beban yang terus bertambah akan mengakibatkan efisiensi mengalami penurunan dapat dilihat pada Tabel 1. Penyebabnya adalah arus yang melewati kumparan rotor akan terus membesar sehingga menyebabkan terjadinya rugi-rugi gesekan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengaturan kecepatan motor induksi 3 fasa yang dikerjakan untuk penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Data yang diperoleh melalui simulasi dengan frekuensi 50 Hz dan beban sebesar 40 Nm, kecepatannya adalah 1432 rpm. Dengan beban yang sama tetapi frekuensi diturunkan menjadi 40 Hz, kecepatannya menjadi 1142,1 rpm. Jika frekuensi diturunkan lagi menjadi 30 Hz maka kecepatan motor akan mengalami penurunan menjadi 855,96 rpm. Tadinya v/f control dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan pada motor melalui frekuensi yang berubah-ubah.
2. Pengaturan kecepatan motor induksi dilakukan dengan cara merubah frekuensi dan tegangan referensi pada frekuensi 50 Hz sampai dengan 10 Hz. Ketika frekuensi diturunkan, maka tegangan pun harus diturunkan, kecuali pada frekuensi 10 Hz harus dilakukan penambahan tegangan agar dapat menopang torka motor.
3. Pada pengaturan kecepatan, frekuensi referensi diubah pada bagian rangkaian kontrol dengan nilai 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, dan 50 Hz. Pada pengaturan kecepatan ini dilihat apakah rangkaian kontrol berjalan dengan baik atau tidak. Dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1, dimana kecepatan motor induksi tiga fasa akan mengikuti sebagaimana yang di inputkan pada rangkaian kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Anthony, Z. (2011). Pengaruh Perubahan Frekuensi Dalam Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3-Fasa Terhadap Efisiensi dan Arus Kumparan Motor. Jurnal Teknik Elektro ITP, Volume 1, No. 1, 25-29.
- Chapman, S. J. (2005). Electric Machinery Fundamentals. New York: McGraw-Hill.
- Haryanto H, I. V. (2016). Analisa Kinerja Sinusoidal PWM Inverter Untuk Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa. Jurnal TEKNIKA, 51-64.
- Nasution, H. (2018). Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Merubah Frekuensi Menggunakan Inverter ALTIVAR 12P. Jurnal Sistem Informasi Vol 2. No. 1, 25-34.

Simulasi Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Berkapasitas 6000 Watt dengan Metode V/F
Scalar Control menggunakan Software PSIM

- Noorly Evalina, A. A. (2018). Pengaturan Kecepatan Putaran Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Programmable logic controller. *Journal of Electrical Technology*, Vol. 3, No. 2, 73-80.
- Prasetia, S. (2018). Implementation of Scalar Control Method For 3 Phase Induction Motor Speed Control. *ELINVO (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 63-69.