

Analisis Pengendalian Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Inverter Dengan Beban Rem Cakram

Wisnu Budiarjo^{1*} Reza Istoni^{2*}

¹ Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Darma Persada,
Jl. Taman Malaka Selatan No.22, Pondok Kelapa, Duren Sawit, DKI Jakarta, Indonesia 13450

*Koresponden : budiarjowisnu@gmail.com

Abstrak

Motor induksi tiga fasa banyak digunakan dalam industri karena keandalannya dan efisiensi tinggi. Namun, untuk memastikan performa dan efisiensi energi yang optimal, inverter berfungsi sebagai pengendali untuk mengatur kecepatan motor induksi, dan rem cakram berfungsi sebagai beban untuk mensimulasikan kondisi.

Metode ini menguji kinerja motor induksi dengan berbagai kondisi beban dan mengatur parameter inverter. Data dikumpulkan dan dianalisis untuk mengetahui seberapa baik inverter mengontrol kecepatan motor dan bagaimana hal itu berdampak pada kinerja sistem secara keseluruhan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan inverter secara signifikan meningkatkan kemampuan untuk mengontrol kecepatan motor induksi, bahkan dengan berbagai beban. Dengan kata lain, kecepatan motor induksi tiga fasa akan turun dari kecepatan normalnya saat diberi beban, tetapi daya yang dihasilkan motor akan meningkat dan torsi juga akan meningkat.

Kata kunci: Motor Induksi Tiga Fasa, Inverter, Kecepatan Motor, Torsi, Daya

Abstract

Three-phase induction motors are widely used in industry due to their reliability and high efficiency. However, to ensure optimal performance and energy efficiency, the inverter acts as a controller to regulate the speed of the induction motor, and the disc brake acts as a load to simulate conditions.

This method tests the performance of the induction motor under various load conditions and adjusts the inverter parameters. Data is collected and analyzed to determine how well the inverter controls the motor speed and how it affects the overall system performance.

The results show that the use of an inverter significantly improves the ability to control the speed of an induction motor, even with varying loads. In other words, the speed of a three-phase induction motor will drop from its normal speed when given a load, but the power produced by the motor will increase and its torque will also increase.

Keywords: Three Phase Induction Motor, Inverter, Motor Speed, Torque, Power

1. Pendahuluan

Motor induksi tiga fasa merupakan salah satu jenis motor listrik yang paling banyak digunakan dalam dunia industri karena keandalannya, efisiensinya yang tinggi, dan biaya perawatan yang rendah. Motor ini digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pompa, kompresor, konveyor dan mesin industri lainnya. Namun dalam penggunaannya sering kali diperlukan kontrol yang tepat terhadap kecepatan dan torsi motor untuk memastikan kinerja optimal dan efisiensi energi. Dikarenakan parameter pada motor induksi yang paling penting yaitu nilai torsi, efisiensi dan kecepatan ketika dibebani [1]. Oleh karena itu, teknologi inverter mengontrol frekuensi dan tegangan yang disuplai ke motor, yang memungkinkan pengendalian kecepatan dan torsi motor yang lebih tepat. Teknologi inverter telah mengalami perkembangan besar, dengan banyak kemajuan yang meningkatkan kinerja motor induksi. Mengubah nilai kutub motor induksi, mengubah tegangan suplai, dan mengubah nomor frekuensi adalah salah satu cara untuk mengontrol kecepatan motor induksi tiga fasa. Cara lain adalah dengan menambahkan resistor eksternal, terutama untuk rotor belitan. [2] Kecepatan motor induksi tiga fasa dapat diatur dengan mengubah frekuensi sumber. Alat yang umum digunakan dalam industri untuk mengatur frekuensi ini biasanya disebut Variable Speed Drive atau Inverter. Penggunaan inverter untuk mengendalikan motor induksi telah dipelajari secara menyeluruh dan telah terbukti meningkatkan kinerja motor dan efisiensi energi. [3].

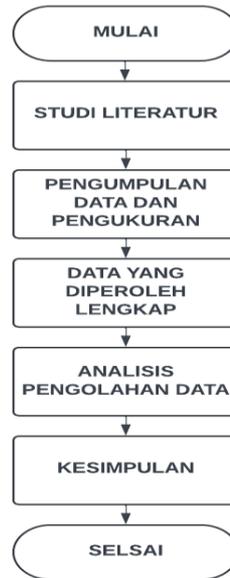
Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari cara terbaik untuk menggunakan inverter untuk mengoptimalkan pengendalian kecepatan motor induksi tiga fasa, terutama dalam kasus di mana motor dibebani dengan rem cakram.

Metode ini relevan karena sistem rem cakram menempatkan beban yang besar pada motor, dan pengendalian yang tepat dapat mencegah kerusakan dan memperpanjang usia motor. Dengan perkembangan

teknologi inverter, pengaturan kecepatan motor induksi menjadi lebih tepat dan dapat disesuaikan dengan aplikasi industri tertentu.

2. Metodologi.

Penelitian ini termasuk dalam kategori kuantitatif dengan menggunakan pendekatan eksperimental. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh frekuensi terhadap Arus (A), Tegangan (V), Daya (Watt), Torsi (N.m) dan Kecepatan motor (rpm), yang dimana akan dilakukan percobaan mengubah nilai frekuensi pada inverter yang disetting dari 10Hz sampai batas maksimalnya yaitu 50Hz dari keadaan normal dan berbeban berupa rem cakram. Waktu tempat penelitian serta jalannya penelitian akan diuraikan pada Gambar 1 dibawah ini.



3. Landasan Teori

3.1 Motor Induksi

Motor induksi tiga fasa biasanya digunakan sebagai perangkat penggerak AC untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk berbagai kebutuhan proses. Ini adalah motor listrik yang paling sederhana dan mudah dirawat dan memiliki jangkauan KVA yang luas. Motor ini, yang dibuat secara industri, disebut sebagai motor induksi karena digerakkan oleh arus yang muncul pada rotor daripada arus yang dihasilkan oleh perbedaan reaktif antara porositas rotor dan medan magnet putar yang keluar dari stator. Medan magnet putar ini merupakan prinsip motor induksi tiga fasa, dan motor induksi satu fasa tidak menghasilkan medan putar. (Bagia, 2018).

Menurut Qingfeng Wu dalam Aripriharta (2023:1) Motor induksi tiga fasa beroperasi pada kecepatan konstan dari beban rendah hingga beban penuh tetapi mempunyai pengendalian kecepatan yang buruk. Kecepatan putaran motor ini tergantung pada frekuensi, sehingga pengaturannya tidak mudah. Namun motor induksi tiga fasa memiliki beberapa keunggulan seperti daya yang tinggi, desain yang sederhana, harga yang relatif terjangkau dan kemampuan manufaktur dengan karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan industri. (Trilestari et al., 2024).

Untuk mengatur kecepatan motor tiga fasa dapat digunakan beberapa cara antara lain mengurangi jumlah kutup, mengatur kecepatan motor, mengatur frekuensi motor, dan meningkatkan torsi (kebanyakan untuk rotor) (Nasution & Hasibuan, 2018). Pengendalian kecepatan motor induksi biasanya dilakukan dengan mengubah tegangan dan frekuensi catu daya. Alat yang biasa digunakan untuk keperluan tersebut adalah Variable Speed Drive (VSD) atau biasa disebut inverter yang mempunyai fungsi pengaturan frekuensi

3.2 Prinsip Kerja Motor Induksi

Menurut Zuhail dalam Oktariani (2016) menjelaskan bahwa prinsip kerja motor induksi tiga fasa adalah sebagai berikut :

- Disaat sumber tegangan tiga fasa dipasang pada kumparan stator akan menimbulkan medan putar dengan kecepatan:
$$n_s = \frac{120 f}{p} \text{rpm} \quad (3.1)$$
- Medan magnet putar stator memotong batang konduktif rotor sehingga menyebabkan belitan rotor menghasilkan tegangan induksi (GGL induksi).

- c. Oleh karena itu belitan rotor merupakan rangkaian tertutup sehingga arus (I) akan mengalir. Kawat (kumparan rotor) yang membawa arus dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (F) yang bekerja pada rotor.
- d. Jika kopling yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk menahan kopling muatan, maka rotor akan berputar searah dengan medan magnet putar stator.
- e. Seperti yang telah dijelaskan, tegangan induksi akan muncul akibat adanya putaran medan magnet stator yang memotong batang penghantar (rotor). Artinya kecepatan tegangan medan putar motor (n_s).
- f. Perbedaan kecepatan antara n_r dan n_s disebut slip (S) yang dinyatakan sebagai :

$$S = \frac{n_s - n_r}{n_s} \times 100\% \quad (3.2)$$

- g. Tidak ada tegangan yang dihasilkan dan tidak ada arus yang mengalir melalui belitan jangkar rotor, sehingga tidak ada kopling yang dibuat. Kopling motor akan dihasilkan jika n_r lebih kecil dari n_s .
- h. Setelah mempertimbangkan cara kerjanya, motor induksi dapat disebut juga motor tak serempak atau motor asinkron.

Menurut Badruzzaman (2015:148) Pengaturan kecepatan motor induksi tiga fasa banyak sekali yang bisa dilakukan dengan beberapa cara antara lain :

- a. Dengan cara mengubah jumlah kutub, dimana putaran berbanding terbalik dengan jumlah kutub. Sebaliknya, semakin banyak kutub yang dihasilkan, maka akan semakin kecil. Begitu juga sebaliknya.
- b. Ubah frekuensi sumber, dimana sudut putaran sebanding dengan frekuensi. Pada saat yang sama, semakin tinggi nilai frekuensi yang ditetapkan, semakin tinggi kecepatan putaran motor induksi.
- c. Mengubah nilai Tegangan sumber.

3.4 Daya

Daya merupakan indikator seberapa cepat suatu sistem mengonsumsi atau menghasilkan energi. Dalam bidang listrik, daya diukur dalam watt (W) dan menggambarkan laju penggunaan energi. Ada beberapa jenis daya yang relevan dalam teknik elektro, seperti daya nyata (P), daya reaktif (Q), dan daya semu (S). Daya nyata, diukur dalam watt, mewakili bagian dari daya yang melakukan pekerjaan berguna dalam sistem. Daya reaktif, diukur dalam volt-ampere reaktif (VAR), tidak menghasilkan pekerjaan nyata tetapi penting untuk mempertahankan medan magnetik dalam perangkat seperti motor dan transformator. Daya semu, diukur dalam volt-ampere (VA), merupakan gabungan dari daya nyata dan daya reaktif [8].

Rumus untuk menghitung daya bervariasi berdasarkan konteksnya. Dalam sistem arus bolak-balik (AC), daya nyata dihitung dengan mengalikan tegangan (V), arus (I), dan faktor daya ($\cos\phi$), seperti dalam rumus berikut:

$$P = V \times I$$

$$P = V \times I \times \cos\phi \quad (3.3)$$

3.5 Skema Perancangan

Selama penelitian yang dilakukan menggunakan perangkat keras, Adapun beberapa Hardware yang akan digunakan adalah :

- a) Sumber tegangan tiga fasa diketahui memerlukan suplai sebesar 380V, dengan frekuensi default di Indonesia sebesar 50Hz. Sumber tegangan ini berasal dari PLN (Perusahaan Listrik Negara). Ketentuan ini ditetapkan berdasarkan Peraturan SNI 04-0225-2000 mengenai Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000), khususnya pada ayat 2.4.2.2 mengenai Tegangan dan 2.4.2.4 mengenai Frekuensi. Tegangan ini kemudian akan disambungkan ke panel Inverter Training Kit menggunakan kabel sambungan.
- b) Saklar listrik / MCB yang digunakan dalam panel inverter training kit ini adalah tipe Fuji Auto Breaker BC63E1CG dengan arus maksimal 5A, tegangan kerja 400V, dan batas putus 6000. MCB ini memiliki empat pin informasi dan empat pin keluaran. Jika terjadi korsleting antara fase ke fase atau antara fase dan netral, MCB akan bekerja dengan memutus aliran daya dari sumber tegangan untuk mencegah kerusakan pada sistem di sisi keluaran.
- c) Sumber tegangan PLN selanjutnya akan dihubungkan ke MCB menggunakan Kabel connector.
- d) Untuk mengkonfigurasi Inverter FujiElectric dalam mengkonfigurasi Inverter yang di produksi Fuji Electric dengan tipe Frenic-Ace meliputi beberapa proses kerja antara lain :

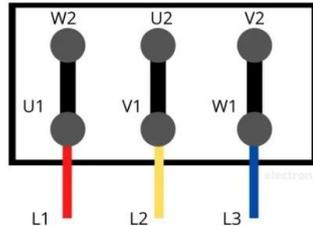
Pemasangan kabel pada panel Inverter Training Kit sudah terpasang dan menjadi satu satu unit mengamati sumber tegangan input. Ketahui fungsi masing-masing pin terminal adalah hal pertama yang perlu anda ketahui dan pelajari. Data juga Penjelasan detailnya dapat dilihat melalui Data Sheet Frenic-Ace Um E 24A7 atau dengan membaca Modul Inverter Training Kit. Berikan input tegangan 380 V/ 3 fasa dengan 4 kabel yaitu R, S, T, dan N dari sumber. Perlu diketahui sumbernya Tegangan yang disalurkan PLN di Indonesia berkisar 380 Volt dengan nilai Frekuensi 60Hz.

Dapat dilihat pada Gambar 3.2 cara penyambungan kabel-kabel. Ini juga disebut Konfigurasi perangkat keras atau hardware.



Gambar 3.2 Konfigurasi kabel tiga fasa

Hubungkan terminal Output Inverter dengan Motor pada rangkaian ini, motor induksi tiga fasa pada sambungan Delta/segitiga seperti pada Gambar 3.2 dan lihat lagi apakah sambungan pada box motor induksi sudah sesuai dengan Nameplat yang mencantumkan sambungan motor induksi ini adalah Delta Star (Δ/y). Terlihat pada Gambar 3.3 merupakan sambungan-sambungan yang digunakan pada instrumen motor induksi tiga fasa yang menggunakan Konfigurasi Segitiga/Delta.



Gambar 3.3 Koneksi motor Delta

Tujuan dari sambungan delta pada motor induksi adalah untuk mendapatkan nilai tegangan yang sama dari setiap fasa penyebabnya. Induksi elektromagnetik stator motor delta lebih kuat terhadap rotor, sehingga rotor akan bekerja. Semakin cepat rotor berputar maka semakin cepat pula gerakannya, yang berbanding terbalik dengan arus yang mengalir. Ini lebih menguntungkan dibandingkan menghubungkan motor dengan Hubungi Star karena penelitian ini membutuhkan kecepatan motor yang ideal. Mengarah pada spesifikasi motor induksi tersebut, yang disajikan di bawah ini dalam Tabel 3.1:

Spesifikasi motor induksi

OMEGA MOTORI type UBH TE91	
0.75 kW	Nilai daya dalam watt
1 HP	1 tenaga kuda
1450 r/min	Rpm motor induksi
380–660 V	Toleransi nilai input tegangan
50 Hz	Nilai frekuensi
1.99 A	Arus

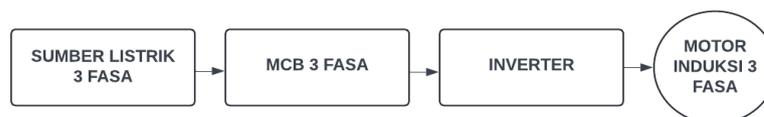
Dan ada juga spesifikasi inverter yang digunakan bisa kita lihat pada tabel 3.2 dibawah ini:

Tabel 3. 1 Spesifikasi inverter

TYPE	FRENIC-Ace FRNO. 75E2S-4		HND	HHD
SOURCE	3PH 380-480V	50-60 Hz	-	-
	-	-	3.9A	3.1A
OUTPUT	3PH 380-480V	-	0.1-500Hz	0.1-500Hz
	-	-	4.1A	2.5A
	-	-	120% 1min	150% 1min
	-	-	3.1 kVA	1.9 kVA
MOTOR	-	-	1.5 kW	0.75 kW
	SSCR 100kA	MASS 1.5kg		

3.6 Skema Alur Percobaan Motor Induksi Tiga Fasa Tanpa Beban

Adapun skema perancangannya adalah sebagai berikut:

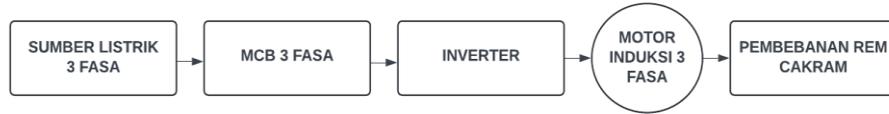


Gambar 3. 1 Skema sistem motor induksi tiga fasa tanpa pembebanan

Dari Gambar 3.5 diatas adalah suatu alur skema rangkaian tanpa pembebanan, pada pengujian alat ini penulis membuat rangkaian daya dan rangkaian kontrol, setelah pembuatan rangkaian kami menghubungkan input tegangan listrik 3 fasa lalu diterima oleh sistem kontrol, Kemudian daya listrik akhirnya mencapai motor induksi 3 fasa tanpa beban. Motor inilah yang menjadi tujuan akhir aliran rangkaian dan akan mengubah energi listrik menjadi gerak mekanis. Tanpa beban, motor akan berputar tanpa memikul beban tertentu.

3.7 Skema Alur Percobaan Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Beban

Adapun skema perancangannya adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Skema sistem motor induksi tiga fasa dengan pembebanan

Dari Gambar 3.6 diatas adalah suatu alur skema rangkaian dengan pembebanan, pada pengujian alat ini penulis membuat rangkaian daya dan rangkaian kontrol, setelah pembuatan rangkaian kami menghubungkan input tegangan listrik 3 fasa lalu diterima oleh sistem kontrol, Kemudian di berikan beban dengan sistem pengereman, Selanjutnya daya listrik akhirnya mencapai motor induksi 3 fasa dengan beban. Motor inilah yang menjadi tujuan akhir aliran rangkaian dan akan mengubah energi listrik menjadi gerak mekanis. dengan beban, motor akan berputar dengan memikul beban tertentu.

3.8 Data Pengukuran Motor Induksi Tanpa Pembebanan

Dari hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan alat maka di dapatkan nilai Arus (Ampere), Tegangan Output (Volt), Daya (Watt), Torsi (N.m), dan Cosphi, sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Hasil pengukuran motor induksi tanpa pembebanan

Frekuensi (Hz)	Kecepatan (rpm)	Arus (Ampere)			Tegangan (Volt)			Daya (Watt)	Torsi (N.m)	Cos phi
		R	S	T	RS	ST	RT			
50	1450	1,1	1,2	1,2	405	406	406	616,572	4,06	0,8
40	1160	1,1	1,2	1,3	331	333	333	585,8472	4,82	0,85
30	870	1,2	1,2	1,3	262	262	264	484,0817	5,31	0,89
20	580	1,3	1,3	1,4	191	191	193	403,7855	6,64	0,94
10	290	1,5	1,5	1,5	115	114	116	292,4565	9,63	0,98

3.9 Data Pengukuran Motor Induksi Dengan Pembebanan

Dari hasil pengukuran motor induksi dengan diberi pembebanan berupa rem cakram, yang diukur menggunakan alat maka di dapatkan nilai Arus (Ampere), Tegangan Output (Volt), Daya (Watt), Torsi (N.m), dan Cosphi, sebagai berikut:

Tabel 3. 3 Hasil pengukuran motor induksi dengan pembebanan

Frekuensi (Hz)	Kecepatan (rpm)	Arus (Ampere)			Tegangan (Volt)			Daya (Watt)	Torsi (N.m)	Cos phi
		R	S	T	RS	ST	RT			
50	1370	1,3	1,3	1,3	400	403	404	732,3194	5,10	0,81
40	939	1,3	1,4	1,4	331	333	333	642,1345	6,53	0,86
30	790	1,4	1,6	1,6	262	263	264	614,2365	7,42	0,9
20	359	1,4	1,6	1,6	191	192	193	473,328	12,59	0,95
10	233	1,6	1,6	1,6	115	114	116	315,1368	12,91	0,99

3.10 Perhitungan Menggunakan Rumus

Dari tabel di atas untuk memperkuat hasil dari pengukuran dilakukan juga perhitungan dengan rumus sebagai berikut:

a. Menghitung Perbandingan Kecepatan Motor Terhadap Frekuensi

Berdasarkan persamaan pada rumus (2.1) diperoleh kecepatan putaran motor pada frekuensi 50 Hz adalah:

$$n_s = \frac{120 \times f}{p} = (\text{rpm})$$

$$n_s = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 \text{ rpm.}$$

$$\begin{aligned} n_r &= (1-s) \times n_s \\ &= (1 - 0,033) \times 1500 \\ &= 1450 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diketahui bahwa nilai putaran stator (Ns) adalah 1500 rpm. Pada nilai Namplate motor induksi tertera putaran rotor (Nr) sebesar 1450 rpm, maka dapat dihitung sesuai persamaan (2.2) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S &= \frac{ns-nr}{ns} \times 100\% \\
 &= \frac{1500 - 1450}{1500} = 100\% \\
 &= 0,033 \times 100\% \\
 &= 0,33\%
 \end{aligned}$$

Keterangan:

Slip = Selisih kecepatan medan stator dengan medan rotor (%)

Ns = Kecepatan Sinkron (rpm)

Nr = Kecepatan Rotor (rpm)

b. Menghitung Perbandingan Frekuensi Terhadap Daya

Berdasarkan persamaan pada rumus (2.6) dapat dihitung daya output pada motor dengan persamaan sebagai berikut:

1. Menghitung daya output saat motor induksi tanpa beban dengan frekuensi disetting 50 Hz.

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\
 &= 1,73 \times 405 \times 1,1 \times 0,8 \\
 &= 616,572 \text{ Watt} \\
 &= 0,61 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung daya output saat motor induksi tanpa beban dengan frekuensi disetting 40 Hz.

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\
 &= 1,73 \times 332 \times 1,2 \times 0,85 \\
 &= 585,8472 \text{ Watt} \\
 &= 0,58 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

3. Menghitung daya output saat motor induksi dengan beban dengan frekuensi disetting 50 Hz.

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\
 &= 1,73 \times 402 \times 1,3 \times 0,81 \\
 &= 732,3194 \text{ Watt} \\
 &= 0,73 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

4. Menghitung daya output saat motor induksi dengan beban dengan frekuensi disetting 40 Hz.

$$\begin{aligned}
 P &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \\
 &= 1,73 \times 332 \times 1,3 \times 0,86 \\
 &= 642,1345 \text{ Watt} \\
 &= 0,64 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

c. Menghitung Perbandingan Frekuensi Terhadap Torsi

Setelah mendapatkan nilai Daya Output pada motor induksi tiga fasa, maka dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai torsi yang dihasilkan dengan menggunakan rumus persamaan (2.15) adalah sebagai berikut:

1. Menghitung Torsi saat motor induksi tanpa beban dengan frekuensi disetting 50 Hz.

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{P_{out}}{\omega} \\
 &= \frac{P_{out}}{2\pi \times \frac{n}{60}} \\
 &= \frac{616,572}{2\pi \times \frac{1450}{60}} \\
 &= \frac{616,572}{151,8} = 4,06 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung Torsi saat motor induksi dengan beban dengan frekuensi disetting 50 Hz.

$$\begin{aligned}
 T &= \frac{P_{out}}{\omega} \\
 &= \frac{P_{out}}{2\pi \times \frac{n}{60}} \\
 &= \frac{732,3194}{2\pi \times \frac{1320}{60}} \\
 &= \frac{732,3194}{138,2} = 5,29 \text{ N.m}
 \end{aligned}$$

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1 Hasil Penelitian

Berdasarkan eksperimen dan pengukuran yang telah dilakukan di Laboratorium Universitas Darma Persada, dengan mengendalikan kecepatan motor induksi melalui perubahan frekuensi inverter dalam kondisi tanpa beban dan dengan beban, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2.

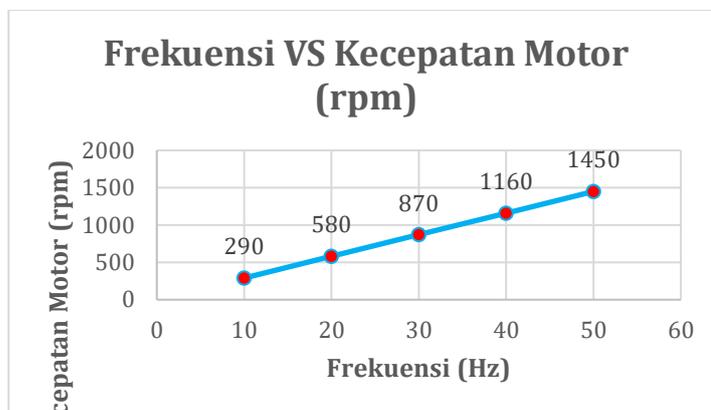
4.2 Hasil Pengujian Tanpa Beban

Dari hasil pengukuran yang dilakukan dengan inverter di setting frekuensi dari 50Hz sampai dengan 10Hz maka didapatkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data hasil pengukuran tanpa beban

Frekuensi (Hz)	Kecepatan (rpm)	Daya (Watt)	Torsi (N.m)	Cos phi
50	1450	616,572	4,06	0,8
40	1160	585,8472	4,82	0,85
30	870	484,0817	5,31	0,89
20	580	403,7855	6,64	0,94
10	290	292,4565	9,63	0,98

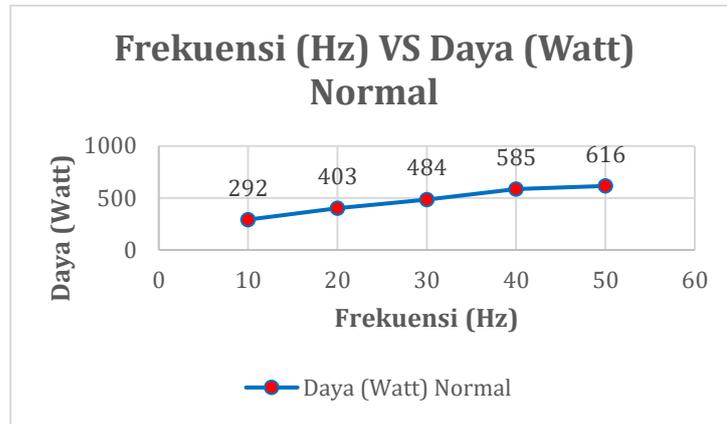
a. Berdasarkan data pengukuran Tabel 4.1 bisa kita lihat bahwa di saat frekuensi disetting 50Hz dengan keadaan tidak berbeban maka Perubahan frekuensi akan mempengaruhi perubahan kecepatan motor induksi. Semakin tinggi frekuensi yang disetel, maka putaran motor akan semakin besar, seperti digambarkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik hasil perubahan frekuensi terhadap kecepatan motor

Dapat kita lihat pada Tabel 4.1 bahwa saat frekuensi di setting 10 Hz kecepatan motor mendapatkan angka 290 rpm, dan setelah frekuensi dinaikan menjadi 20 Hz maka kecepatan motor ikut naik menjadi 580 rpm, ini disebabkan kecepatan motor berbanding lurus dengan frekuensi percobaan ini di lakukan sampai frekuensi disetting 50 Hz, maka di saat frekuensi di setting 50 Hz kecepatan motor mencapai titik puncaknya yaitu 1450 rpm.

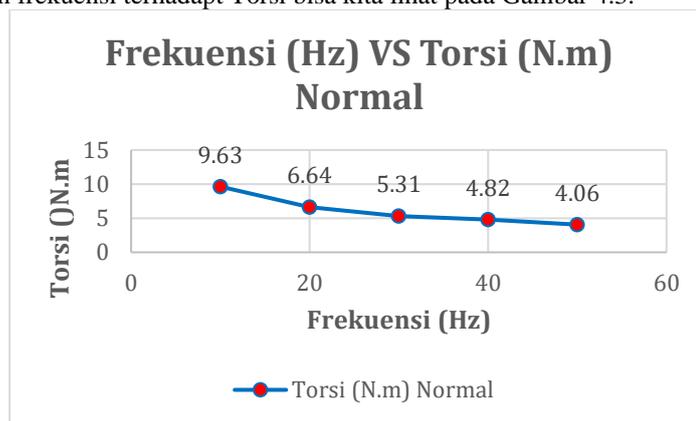
b. Berdasarkan data pengukuran Tabel 4.1 bisa kita lihat bahwa di saat frekuensi disetting 50Hz dengan keadaan tidak berbeban maka perubahan Daya yang di dihasilkan berbanding lurus dengan frekuensi yang dihasilkan dapat kita lihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Grafik hasil perubahan frekuensi terhadap Daya

Dari hasil percobaan merubah-ubah frekuensi dalam kondisi tidak berbeban maka Daya yang dihasilkan motor induksi juga berbanding lurus dengan frekuensi, semakin besar frekuensi yang di setting maka daya motor induksi juga semakin tinggi, dapat kita lihat di saat frekuensi disetting 10 Hz konsumsi daya motor induksi mencapai 292 Watt dan disaat frekuensi disetting 50 Hz maka konsumsi yang dihasilkan motor induksi semakin besar yaitu 616 Watt.

c. Berdasarkan data pengukuran Tabel 4.1 bisa kita lihat bahwa di saat frekuensi disetting 50Hz dengan keadaan tidak berbeban maka perubahan frekuensi terhadap Torsi berbanding terbalik semakin kecil frekuensi yang diberikan maka semakin besar Torsi yang di dihasilkan, Hal ini disebabkan karna saat motor induksi diberi frekuensi rendah maka slip akan semakin banyak yang menyebabkan motor bekerja lebih keras untuk bisa memutar, Perbandingan frekuensi terhadap Torsi bisa kita lihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik hasil perubahan frekuensi terhadap Torsi

Dapat kita lihat pada Tabel 4.1 dimana disaat frekuensi disetting 10 Hz Torsi yang dihasilkan motor induksi tinggi mencapai 9,63 N.m, namun setelah frekuensi dinaikan menjadi 50 Hz maka nilai Torsi menurun mencapai 4,06 N.m. Hal ini disebabkan karna disaat frekuensi rendah motor induksi mengalami slip yang sangat besar ini menyebabkan saat frekuensi rendah Torsi yang dihasilkan semakin besar, dan setelah frekuensi disetting 50 Hz maka slip yang dihasilkan semakin menurun ini menyebabkan Torsi yang dihasilkan motor induksi saat frekuensi tinggi menurun menjadi 4,06 N.m.

4.3 Hasil Pengujian Dengan Beban

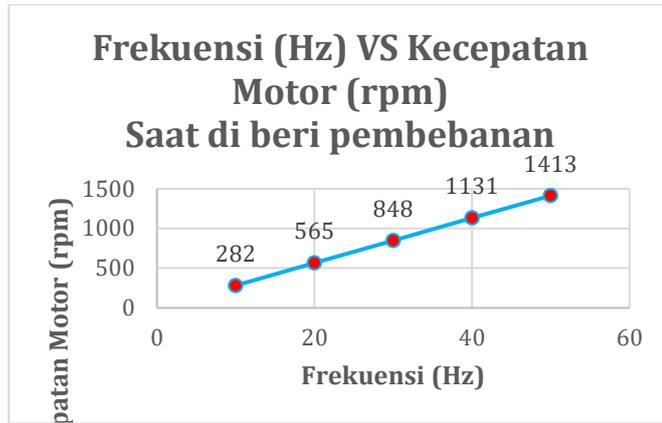
Dari hasil pengukuran yang dilakukan dengan inverter di setting frekuensi dari 50Hz sampai dengan 10Hz maka didapatkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data hasil pengukuran dengan beban

Frekuensi (Hz)	Kecepatan (rpm)	Daya (Watt)	Torsi (N.m)	Cos phi
50	1413	732,3194	5,10	0,81
40	1131	642,1345	6,53	0,86
30	848	614,2365	7,42	0,9
20	565	473,328	12,59	0,95

10	282	315,1368	12,91	0,99
----	-----	----------	-------	------

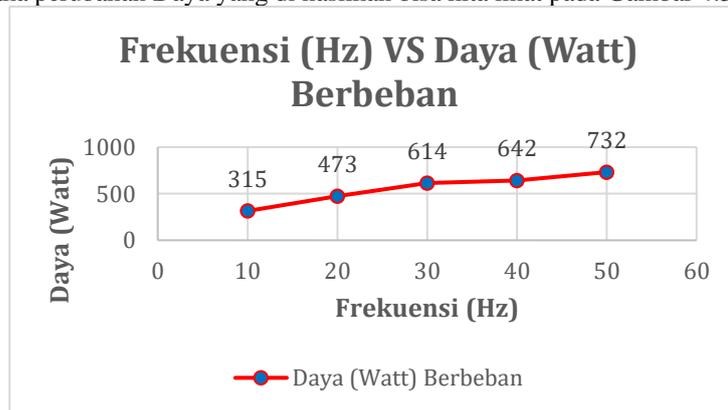
a. Berdasarkan data pengukuran Tabel 4.2 bisa kita lihat bahwa di saat frekuensi disetting 50Hz dengan keadaan berbeban maka perubahan kecepatan motor yang signifikan bisa kita lihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Grafik hasil perubahan frekuensi terhadap kecepatan motor dengan pembebanan

Dapat kita lihat bahwa motor disaat disetting 50 Hz dengan keadaan berbeban maka kecepatan motor menurun menjadi 1413 rpm yang dimana disaat motor keadaan normal kecepatan motor induksi mampu mencapai titik puncaknya yaitu 1450 rpm.

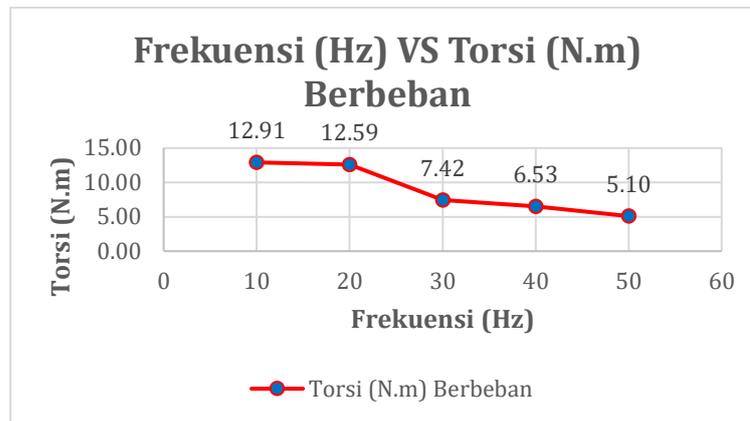
b. Berdasarkan data pengukuran Tabel 4.2 bisa kita lihat bahwa di saat frekuensi disetting 50Hz dengan keadaan berbeban maka perubahan Daya yang di dihasilkan bisa kita lihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik hasil perubahan frekuensi terhadap Daya dengan pembebanan

Dapat kita lihat perbedaan Daya yang dihasilkan saat motor diberi pembebanan maka Daya yang dihasilkan meingkat di bandingkan dengan keadaan tidak berbeban. Pada percobaan yang dilakukan saat frekuensi disetting 10 Hz saat kondisi berbeban maka Daya yang dikonsumsi motor induksi menjadi besar mencapai 315 Watt, yang dimana sebelumnya saat motor induksi dalam keadaan tidak berbeban Daya yang dihasilkan pada frekuensi 10 Hz hanya 292 Watt. Dan percobaan ini dilakukan sampai frekuensi disetting 50 Hz yang dimana Daya yang dihasilkan mencapai titik tertinggi hingga 732 Watt yang sebelumnya motor induksi saat tidak berbeban Daya yang dihasilkan hanya 616 Watt. Kenaikan Daya yang dihasilkan di karnakan saat motor diberi beban motor melakukan kerja mekanik untuk mengatasi beban tersebut, Daya mekanik yang dihasilkan meningkat secara signifikan seiring dengan peningkatan beban.

c. Berdasarkan data pengukuran Tabel 4.2 bisa kita lihat bahwa di saat frekuensi disetting 50Hz dengan keadaan tidak berbeban maka perubahan frekuensi terhadap Torsi berbanding terbalik semakin kecil frekuensi yang diberikan maka semakin besar Torsi yang di dihasilkan, Hal ini disebabkan karna saat motor induksi diberi frekuensi rendah maka slip akan semakin banyak yang menyebabkan motor bekerja lebih keras untuk bisa memutar, Perbandingan frekuensi terhadap Torsi bisa kita lihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Grafik hasil perubahan frekuensi terhadap Torsi dengan pembebanan

Dapat kita lihat pada Tabel 4.2 dimana disaat frekuensi disetting 10 Hz dengan diberi pembebanan Torsi yang dihasilkan motor induksi tinggi mencapai 12,91 N.m, sedangkan sebelumnya saat motor tidak diberi pembebanan pada frekuensi 10 Hz Torsi yang dihasilkan hanya 9,63. Namun setelah frekuensi dinaikan menjadi 50 Hz dengan diberi pembebanan maka nilai Torsi menurun mencapai 5,10 N.m nilai Torsi ini masih tinggi bila di bandingkan saat motor tidak diberi pembebanan dengan Torsi 4,06. Hal ini disebabkan karna disaat frekuensi rendah motor induksi mengalami slip yang sangat besar ini menyebabkan saat frekuensi rendah Torsi yang dihasilkan semakin besar, dan setelah frekuensi disetting 50 Hz maka slip yang dihasilkan semakin menurun ini menyebabkan Torsi yang dihasilkan motor induksi saat frekuensi tinggi mengalami penurunan.

5. Kesimpulan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa motor induksi yang dikontrol oleh inverter memiliki kecepatan, daya, dan torsi yang sangat baik. Semakin tinggi pengaturan frekuensi inverter, semakin tinggi kecepatan motor. Sebaliknya, kecepatan motor menurun seiring penurunan frekuensi. Hal ini sesuai dengan teori dasar motor induksi, yang menyatakan bahwa kecepatan motor sebanding dengan frekuensi inputnya. Selain itu, beban yang diberikan meningkatkan daya motor. Namun, pengamatan menunjukkan bahwa torsi motor menurun pada 50 Hz, tetapi torsi meningkat pada 10 Hz. Ini menunjukkan bahwa meskipun frekuensi tinggi dapat meningkatkan kecepatan motor, frekuensi rendah menghasilkan torsi yang lebih besar.

Daftar Pustaka

- [1] M. Yahya, T. Sukmadi, and B. Winardi, "Perencanaan modul prony brake untuk penentuan karakteristik mekanik (torsi terhadapkecepatan) dan efisiensi motor induksi 3 fasa," *Depaetemen Tek. Elektro, Univ. Diponogoro, Semarang.*, vol. vol 5, p. 421, 2016.
- [2] E. S. Nasution and A. Hasibuan, "Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Merubah Frekuensi Menggunakan Inverter ALTIVAR 12P," *Sisfo J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 25–34, 2018, doi: 10.29103/sisfo.v2i1.1001.
- [3] Y. Badruzzaman, "Sistem Monitoring Kendali Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Variable Speed Drive Berbasis Plc Dan Scada," *Orbith*, vol. 11, no. 2, pp. 147–152, 2015.
- [4] I. N. & I. M. P. Bagia, *Motor Motor Listrik*. Kupang: CV.Rasi Terbit, 2018.
- [5] A. Aripriharta, "Kendali Motor Induksi Menggunakan Variable Speed Drive," *J. Kaji. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2023, doi: 10.52447/jkte.v8i1.6567.
- [6] S. TRILESTARI, Andriana, and Irvan Budiawan, "Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring Kecepatan dan Proteksi Motor Induksi 3 Phase Berbasis LabView," *Epsil. J. Electr. Eng. Inf. Technol.*, vol. 21, no. 2, pp. 81–94, 2024, doi: 10.55893/epsilon.v21i2.105.
- [7] Y. Oktariani, "Studi Pengaruh Torsi Beban Terhadap Kinerja Motor Induksi Tiga Fase," *Inst. Teknol. Padang*, vol. 5, no. 1, pp. 9–15, 2016.
- [8] R. A. Sinaga, "PENGARUH KAPASITOR TERHADAP FAKTOR DAYA MOTOR," vol. 15, pp. 85–93, 2021.