

Rancang Bangun Trainer Pengendali Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Variable Frequency Drive (VFD) FR-D700

Hardiansah¹, Rifki Asyara², Abdul Hafid³, Adriani⁴

¹²³⁴Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar

e-mail: hardi.ancha08@gmail.com¹, rifkyasraf@gmail.com², abdulhafid@unismu.ac.id³, adriani@Unismu.ac.id⁴

Abstract—Controlling the speed of a three-phase induction motor can basically be done by changing the number of poles or changing the motor's supply frequency. Speed control by changing the number of poles is very difficult because it is done by changing the physical construction of the motor, but by changing the motor's supply frequency it is much easier and unlimited without having to change the physical construction of the motor. A Variable Frequency Drive (VFD), often called an inverter, is a device used to control the rotational speed of a motor that can be adjusted to the needs. In this trainer, the inverter used is the Mitsubishi Electric FR-D700 Series - 1.5 kW. To operate a Variable Frequency Drive (VFD), parameters must first be set. This is done to produce varying frequencies so that the motor's rotational speed changes according to the received frequency. Based on tests conducted with different frequencies in the range of 5-50 Hz. Test parameters include voltage measurements, current measurements, and rotor rotational speed. Based on the results of the tests that have been carried out, it is shown that increasing the frequency value also increases the speed of the induction motor. Thus, it is known that the installation of a VFD on a motor has the ability to regulate speed well.

Intisari— Pengaturan kecepatan motor induksi tiga fasa pada dasarnya dapat dilakukan dengan mengubah jumlah kutub motor atau mengubah frekuensi suplai motor. Pengaturan kecepatan dengan mengubah jumlah kutub sangat sulit karena dilakukan dengan mengubah konstruksi fisik motor tapi dengan mengubah frekuensi suplai motor akan jauh lebih mudah dan tidak terbatas tanpa harus merubah konstruksi fisik motor. *Variable Frequency Drive* (VFD) atau sering disebut inverter merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan putaran sebuah motor yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan, pada *trainer* ini inverter yang digunakan Mitsubishi Electric Seri FR-D700 – 1,5 kW. Untuk mengoperasikan *Variable Frequency Drive* (VFD) harus melakukan *setting* parameter terlebih dahulu. Hal ini dilakukan agar dapat menghasilkan frekuensi yang bervariasi sehingga kecepatan putaran motor berubah-ubah sesuai dengan frekuensi yang diterima. Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan frekuensi berbeda-beda dalam *range* 5-50 Hz. Parameter pengujian berupa pengukuran tegangan, pengukuran arus, dan kecepatan putar rotor. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan peningkatan nilai frekuensi juga meningkatkan kecepatan motor induksi. Dengan demikian, diketahui bahwa pemasangan VFD pada motor memiliki kemampuan untuk mengatur kecepatan dengan baik

Kata Kunci— Frekuensi, Motor Induksi, *Variable Frequency Drive*, VFD.

I. PENDAHULUAN

Motor induksi merupakan salah satu motor yang paling umum yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Motor induksi juga banyak digunakan untuk berbagai keperluan dalam proses produksi pada suatu industri. Kehandalan dan kemudahan penggunaan motor induksi merupakan alasan bagi dunia industri untuk menggunakannya.[1]

Motor induksi tiga fasa mempunyai kelemahan yaitu sulitnya mengendalikan kecepatan, karena motor induksi tiga fasa berputar pada kecepatan konstan, sedangkan pada sebuah industri biasanya menginginkan motor listrik yang bisa diatur kecepatannya sesuai dengan keinginan. Bila beban berubah, kecepatan motor induksi tiga fasa juga akan berubah, untuk mempertahankan agar kecepatan pada motor induksi tiga fasa tetap konstan maka tegangan dan frekuensi harus diatur.[2]

Untuk mengatur kecepatan motor induksi tiga fasa yaitu salah satunya dengan cara mengubah frekuensi, untuk mengatur frekuensi yang masuk pada motor induksi tiga fasa tersebut dapat menggunakan kendali *Variable Frequency Drive* (VFD) yang dihubungkan langsung dengan motor induksi tiga fasa.[3]

Variable Frequency Drive atau *Variable Speed Drive* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor listrik (AC) dengan mengontrol frekuensi daya listrik yang dipasok ke motor. *Variable Frequency Drive* semakin populer karena kemampuannya untuk mengontrol kecepatan motor induksi.[4]

Variable Frequency Drive (VFD) ini dirancang menjadi sebuah *trainer* untuk membantu tenaga pendidik saat menyampaikan materinya kepada mahasiswa dalam proses belajar-mengajar untuk memudahkan pencapaian tujuan pembelajaran. Pembelajaran konvensional sering kali kurang menarik, menyebabkan berdampak pada kualitas pemahaman. Oleh karena itu, perlu adanya pengembangan sarana pembelajaran yang dapat meningkatkan motivasi mahasiswa dan mengoptimalkan proses pembelajaran praktik dan bisa mengisi kesenjangan dalam penyediaan sarana pembelajaran.[5]

Beberapa peneliti sebelumnya telah mengkaji *Variable Frequency Drive* “Pengaruh Perubahan Frekuensi dalam sistem pengendali kecepatan motor induksi 3 fasa berbasis *Variable*

Frequency Drive”[6] “perancangan kendali motor induksi menggunakan *Variable Speed Drive*”[7] “Desain dan implementasi kendali motor AC tiga fasa menggunakan modul *Variable Speed Drive* (VSD).”[8]

Dari studi penelitian terdahulu *Variable Frequency Drive* memungkinkan pengaturan kecepatan motor secara persis melalui modulasi frekuensi. Perbedaan penelitian terletak pada sumber daya listrik, beberapa penelitian sebelumnya umumnya menggunakan sumber listrik tiga fasa 380 volt. Komponen utama yang digunakan penelitian ini menggunakan sumber daya listrik satu fasa 220 volt untuk mengatur kecepatan motor induksi tiga fasa, sesuai dengan infrastruktur laboratorium sehingga meminimalkan resiko dan memastikan kompatibilitas operasional.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. *Variable Frequency Drive* (VFD)

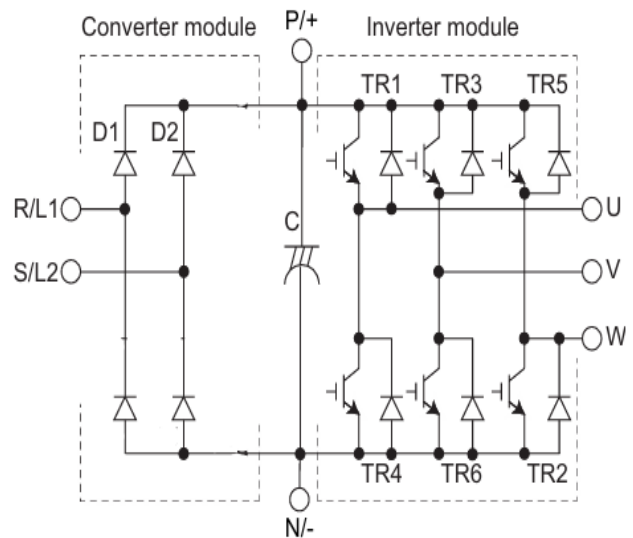
Variable Frequency Drive (VFD) atau singkatnya disebut *inverter* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor listrik (AC) dengan mengontrol frekuensi daya listrik yang dipasang ke motor, karena kecepatan motor induksi bergantung pada frekuensi pasok. VFD adalah konverter daya yang menggunakan sirkuit elektronik untuk mengubah frekuensi dan tegangan tetap menjadi frekuensi dan tegangan variabel.[9] Bahkan, VFD memungkinkan motor berjalan di atas kecepatan terukurnya dengan meningkatkan frekuensi.



Gambar 1. *Variable Frequency Drive* FR-D700

Diagram Sirkuit *Variable Frequency Drive* (VFD)

Secara umum, *Variable Frequency Drive* (VFD) terdiri dari tiga bagian atau blok yang masing-masing bagian memiliki fungsinya sendiri-sendiri, ketiga bagian VFD tersebut yaitu *Rectifier*, DC bus/filter, dan *Inverter* [10]



Gambar 2. Diagram *Variable Frequency Drive*

Pasokan AC (*Alternating Current*) 220 volt dan frekuensi 50 Hz dihubungkan ke bagian *Rectifier* dari VFD. Ini adalah penyearah gelombang penuh yang mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC tanpa filter. Terbuat dari 6 atau 4 dioda atau thyristor, enam dioda digunakan untuk konversi daya satu fasa. Untuk menyaring dan menyimpan daya DC yang diambil dari *inverter*, maka dimasukkan ke DC Bus/Filter berfungsi untuk menghilangkan riak dari keluaran penyearah.

Tegangan DC kemudian diumpankan ke rangkaian *inverter* atau bagian *switching* yang mengubah arus DC stabil menjadi arus AC dengan frekuensi yang dapat disesuaikan. [10] Jadi, dari arus DC ke arus AC yang perangkat utamanya merupakan semi konduktor aktif seperti IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*).[11] Unit kontrol merupakan unit pengendali untuk mengendalikan operasi pengalihan, frekuensi keluaran dan daya keluaran. Unit kontrol terdiri dari mikroprosesor tertanam yang diprogram untuk mengendalikan bagian penyearah dan *inverter*.

B. *Motor Induksi Tiga Fasa*

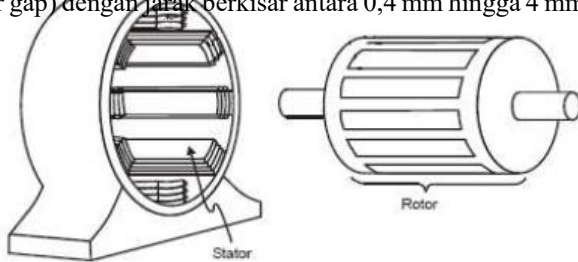
Motor induksi tiga fasa merupakan suatu motor yang dicatu oleh arus bolak balik pada statornya secara langsung dan pada rotornya dengan imbas atau transformator dari stator. Disebut motor induksi disebabkan bahwa arus yang mengalir pada rotor bukan diperoleh dari suatu sumber tertentu melainkan arus yang terinduksi akibat adanya perbedaan relatif antara putaran poros rotor dengan medan putar yang terjadi pada stator. [12]

Motor induksi tiga fasa biasanya berputar dengan kecepatan konstan, baik dalam keadaan tanpa beban maupun dalam keadaan beban penuh. Kecepatan putaran motor ini dipengaruhi oleh frekuensi, dengan demikian pengaturan

kecepatan tidak dapat dengan mudah dilakukan terhadap motor ini.

Konstruksi Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa terdiri dari dua komponen utama, yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagian yang diam, sementara rotor adalah bagian yang berputar, seperti ditunjukkan pada gambar 3. antara bagian stator dan rotor terdapat celah udara (*air gap*) dengan jarak berkisar antara 0,4 mm hingga 4 mm. [13]



Gambar 3. Stator dan Rotor pada Motor Induksi Tiga Fasa

Dalam konstruksinya, *air gap* (celah udara) pada motor haruslah memiliki ukuran yang pas agar rotor dan stator konsentris dan mencegah induksi yang tidak merata. Ketika *air gap* terlalu luas maka efisiensi mesin menjadi rendah. Sebaliknya, ketika *air gap* terlalu sempit maka akan menimbulkan kerusakan mekanis pada mesin. [14]

Prinsip Kerja Motor Induksi Tiga Fasa

Prinsip kerja motor induksi tiga fasa yaitu berdasarkan induksi elektromagnetis, yang bila belitan atau kumparan stator diberi sumber tegangan bolak balik tiga fasa maka arus akan mengalir pada kumparan tersebut, sehingga menimbulkan medan putar (garis-garis gaya *flus*) yang berputar dengan kecepatan sinkron [15] dan akan mengikuti persamaan (1) sebagai berikut :

$$N_s = \frac{120 f}{p} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

N_s : Kecepatan putar stator (rpm)

f : Frekuensi (Hz)

p : Jumlah kutub motor

Slip Pada Motor Induksi 3 Fasa

Slip timbul karena perbedaan kecepatan antara kecepatan medan putar stator (N_s) dan kecepatan berputar rotor (N_r) [16] Ada tiga macam slip :

1. Slip Mutlak, dinyatakan oleh persamaan :

$$\text{Slip} = N_s - N_r \dots\dots\dots (2)$$

2. Slip Pecahan, dinyatakan oleh persamaan :

$$\text{Slip} = \frac{N_s - N_r}{N_s} \dots\dots\dots (3)$$

3. Slip dalam Persen, dinyatakan oleh persamaan :

$$\text{Slip} = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \% \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

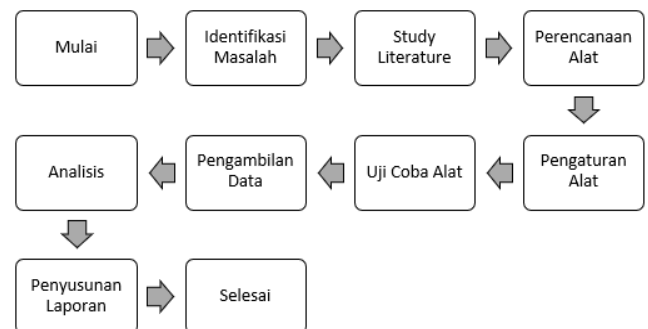
Slip : Selisih kecepatan stator dan rotor

N_s : Kecepatan sinkron medan stator (rpm)

N_r : Kecepatan poros rotor (rpm)

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan melakukan pengamatan secara langsung terhadap alat yang diuji coba berdasarkan fungsi alat yang telah dibuat.



Gambar 4. Alur Proses Perancangan

Identifikasi masalah dimulai untuk memenuhi kebutuhan praktikum di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar. Study literatur mencakup berbagai hal dan teori-teori yang berkaitan dengan penelitian. Perancangan alat meliputi penentuan alat dan bahan yang akan digunakan pembuatan *trainer*. Pengaturan alat dilakukan langsung pada *Variable Frequency Drive* (VFD) sesuai yang dikehendaki, uji coba untuk menilai kinerja VFD, pengambilan data dan analisis untuk menilai kinerja pada alat rancangan. Penyusunan laporan tugas akhir mencakup semua aktivitas yang dilakukan selama penelitian

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode observasi dimana melakukan pengamatan secara langsung terhadap alat rancangan *trainer* pengendali kecepatan motor induksi tiga fasa. Pengumpulan data hasil observasi dengan mencatat pengukuran frekuensi, tegangan, arus, keluaran *Variable Frequency Drive* (VFD) dan kecepatan putar motor induksi. Data tersebut diperoleh dengan mengatur frekuensi

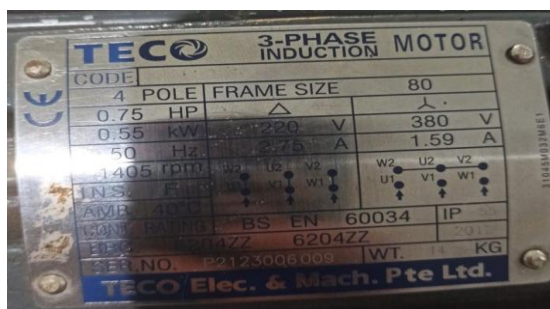
pada VFD melalui pengaturan tahanan (Potensiometer). Perubahan frekuensi akan mengakibatkan perubahan putar motor induksi.

Dalam penelitian ini *Variable Frequency Drive* (VFD) yang digunakan adalah Merek Mitsubishi Tipe FR-D720s 1,5 Kw



Gambar 5. Nameplate Variable Frequency Drive

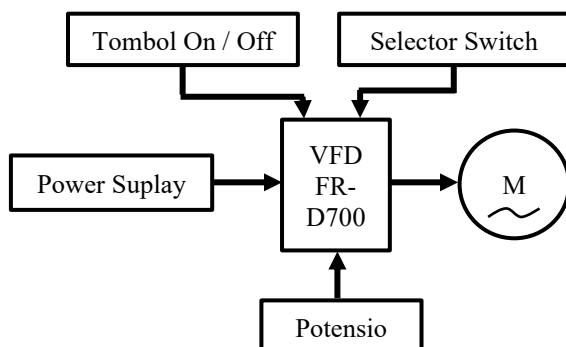
Sedangkan spesifikasi motor induksi tiga fasa yang digunakan pada pengujian merek Teco. Gambar 6 menjelaskan nameplate motor yang akan diuji



Gambar 6. Nameplate Motor

Penelitian ini dilakukan pengkajian data hasil pengujian dengan analisis komparasi untuk membandingkan hasil pengukuran dan perhitungan berdasar pengaturan frekuensi mulai dari 5 - 50 Hz. Untuk hasil perhitungan Rpm, dilakukan perhitungan dengan rumus $N_s = \frac{120 \cdot f}{p}$ bertujuan untuk menilai kinerja *Variable Frequency Drive* (VFD) yang telah dirancang.

Blok Diagram Trainer Variable Frequency Drive



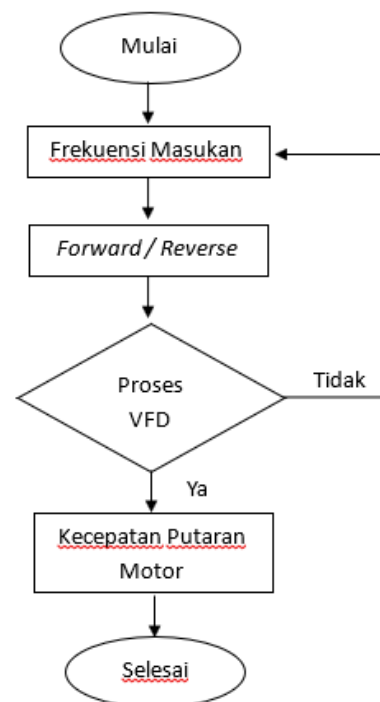
Gambar 7. Blok Diagram Trainer VFD

Keterangan blok diagram *Trainer* pengendali kecepatan motor induksi tiga fasa

1. *Power Suplay* atau catu daya berfungsi untuk menyediakan daya listrik keseluruhan komponen sistem
2. Tombol *on / off* adalah komponen pemutus arus yang digunakan untuk menghidupkan dan mematikan motor listrik
3. *Selector Switch* berfungsi sebagai saklar pemilih yang menjalankan motor arah putaran *forward* atau *reverse*
4. Motor tiga fasa digunakan untuk menguji dan melihat prforma *Variable Frequency Drive* dalam mengontrol kecepatan putaran motor.

Mekanisme Kerja Alat

Flowchart ini menggambarkan alur kerja dari sistem *Variable Frequency Drive*



Gambar 8. Flowchart rancangan

Ketika *trainer Variable Frequency Drive* tersebut dialiri listrik dari PLN, berikan masukan frekuensi tertentu yang diinginkan kemudian pilih arah putaran motor induksi terlebih dahulu *forward/reverse*, maka *Variable Frequency Drive* akan mengubah frekuensi ke dalam sebuah sinyal. Sinyal tersebut kemudian dikirimkan ke motor induksi tiga fasa. Setelah menerima sinyal dari VFD motor induksi tiga fasa

akan berputar dengan arah dan kecepatan putaran sesuai dengan frekuensi masukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dengan tiga tahap yaitu pengukuran tegangan *output* VFD terhadap frekuensi, pengukuran arus keluaran VFD Ketika terhadap frekuensi, pengukuran dan perhitungan putaran kecepatan motor terhadap perubahan frekuensi.

1. Pengukuran Tegangan Output terhadap Frekuensi

Pengukuran tegangan output dilakukan dengan menggunakan AVO Meter yang diukur kedua fasa pada keluaran *Variable Frequency Drive* (VFD)



Gambar 9. Pengukuran Tegangan *Output* VFD

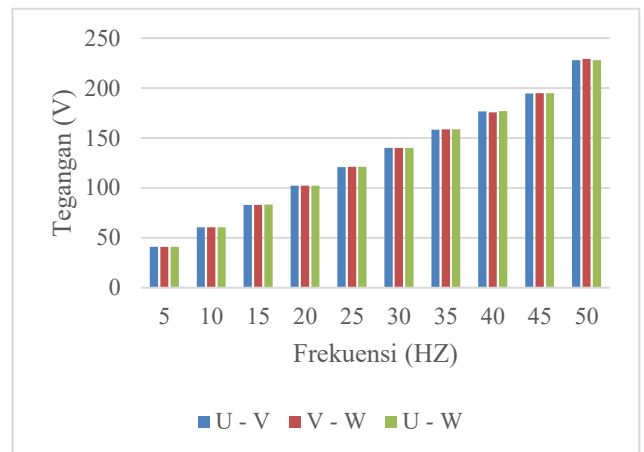
Hasil pengukuran yang dihubungkan dengan motor induksi tiga fasa dilihat pada tabel I.

TABEL I
HASIL PENGUKURAN TEGANGAN OUTPUT VFD

No.	Frekuensi (Hz)	Tegangan (V)		
		U - V	V - W	U - W
1	5	41,1	41,1	41
2	10	60,6	60,5	60,5
3	15	83,1	83,1	83,2
4	20	102,2	102,3	102,3
5	25	120,9	121	121
6	30	140,2	140,3	140,3
7	35	158,3	158,5	158,5
8	40	176,5	175,5	176,8

9	45	194,6	194,9	194,9
10	50	228	229	228

Dari hasil pengukuran tersebut dapat dilihat memperbesar nilai frekuensi maka nilai tegangan juga mengalami peningkatan dengan kata lain frekuensi berbanding lurus dengan tegangan masukan. Kenaikan frekuensi meningkatkan tegangan karena kecepatan putaran medan magnet stator juga meningkat. Frekuensi rendah menghasilkan medan magnet yang lambat, sehingga tegangan dan arus induksi rotor rendah.



Gambar 10. Hubungan Perubahan Frekuensi Tegangan Keluaran VFD

Dari hasil pengukuran tersebut dapat dilihat bahwa *Variable Frequency Drive* (VFD) ini sistem bekerja dengan baik. Karena ketika frekuensi tinggi maka tegangannya semakin tinggi.

2. Pengukuran Arus terhadap Frekuensi

Pengujian pengukuran arus dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan frekuensi terhadap VFD TR 700 dengan menggunakan Tang Amper (*Clamp Meter*) yang diukur setiap fasa

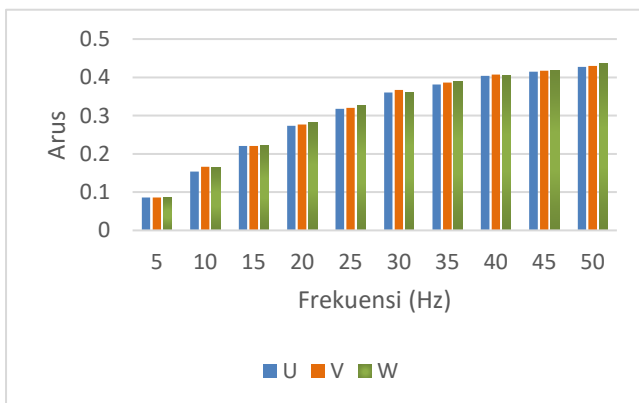


Gambar 11. Pengukuran Arus Motor

TABEL II.
HASIL PENGUJIAN ARUS MOTOR TERHADAP FREKUENSI

No.	Frekuensi (Hz)	Arus (A)		
		U	V	W
1	5	0,086	0,086	0,087
2	10	0,154	0,166	0,165
3	15	0,221	0,221	0,223
4	20	0,273	0,277	0,281
5	25	0,318	0,320	0,326
6	30	0,360	0,367	0,361
7	35	0,381	0,386	0,389
8	40	0,404	0,407	0,406
9	45	0,415	0,417	0,418
10	50	0,427	0,430	0,436

Pada table II dapat dianalisis bahwa semakin kecil frekuensi maka semakin kecil arus yang keluar. Dan sebaliknya semakin besar frekuensi maka semakin besar juga arus yang keluar oleh *Variable Frequency Drive*.



Gambar 12. Hubungan Perubahan Frekuensi Terhadap Arus Motor

Berdasarkan diagram 2 menunjukkan bahwa memperbesar frekuensi masukan maka semakin meningkatkan nilai arus yang keluar *Variable Frequency Drive* (VFD)

3. Pengukuran Putaran Kecepatan Motor terhadap Frekuensi

Pengujian pengukuran kecepatan putaran motor induksi dilakukan untuk mengetahui pengaruh frekuensi FVD terhadap motor induksi dengan menggunakan Tachometer yang diarahkan ke poros rotor motor induksi



Gambar 13. Pengukuran kecepatan rotor motor

Pengujian perhitungan pada putaran kecepatan medan stator motor (Ns) dapat menggunakan rumus (1) sebagai berikut :

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

Contoh perhitungan pada frekuensi 30 Hz adalah :

$$N_s = \frac{120 \cdot 30}{4} = 900 \text{ Rpm}$$

TABEL III.
HASIL PENGUJIAN KECEPATAN MOTOR TERHADAP FREKUENSI

No.	Frekuensi (Hz)	Kecepatan (Rpm)		Slip (%)
		Rotor (Nr)	Stator (Ns)	
1	5	148,8	150	0,53
2	10	297,4	300	0,86
3	15	448,1	450	0,42
4	20	597,7	600	0,38
5	25	747,5	750	0,33
6	30	897,4	900	0,26
7	35	1047,4	1050	0,24

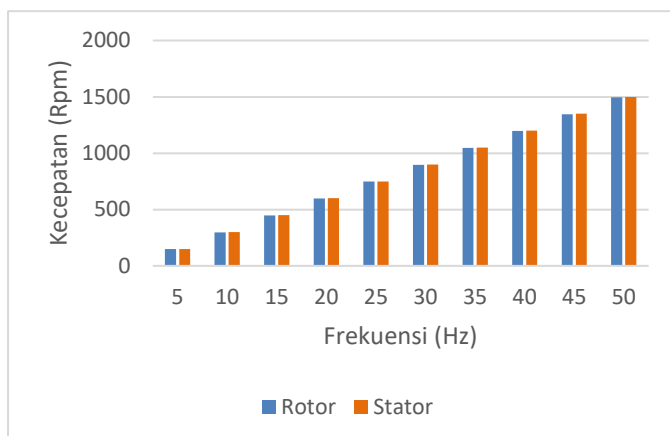
8	40	1196,8	1200	0,26
9	45	1346,2	1350	0,28
10	50	1495,9	1500	0,27

Dari Tabel III dapat dilihat adanya perbedaan antara hasil pengukuran kecepatan medan putar stator dan kecepatan berputar rotor tidak terlalu besar dengan nilai rata-rata dari 10 pengukuran 0,38% sehingga slip rendah menghasilkan efisiensi tinggi. Dari kedua data tersebut dapat dihitung slip antara perhitungan dan juga pengukuran, menggunakan rumus (4) perhitungan slip sebagai berikut :

$$\% \text{Slip} = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100$$

Contoh perhitungan pada frekuensi 30 Hz Adalah:

$$\begin{aligned} \% \text{Slip} &= \frac{900 - 897,4}{900} \times 100 \\ &= 0,28\% \end{aligned}$$



Gambar 14. Hubungan Perubahan Frekuensi terhadap Putaran Motor

Pada diagram 4.3 menunjukkan peningkatan nilai frekuensi juga meningkatkan kecepatan motor induksi, semakin tinggi frekuensi yang diberikan, putaran dihasilkan semakin meningkat.

BAB IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Dari rancang bangun *trainer Variable Frequency Drive* (VFD) FR-D700 sebagai pengendali motor induksi tiga fasa dari hasil pengujian alat maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Kecepatan putaran motor tertinggi diperoleh pada frekuensi 50 Hz yaitu sebesar 1496,6 Rpm, sedangkan putaran motor terendah diperoleh pada frekuensi 5 Hz

yaitu sebesar 149,2 Rpm. Hal ini dikarenakan frekuensi berbanding lurus dengan kecepatan motor.

2. Hasil pengukuran perubahan frekuensi masukan berbanding lurus terhadap perubahan tegangan keluaran. Tegangan tertinggi diperoleh pada frekuensi 50 Hz yaitu sebesar 212 Volt, sedangkan frekuensi 5 Hz yaitu sebesar 41,1 Volt.
3. Perubahan frekuensi terhadap keluaran arus berbanding lurus. Dimana arus motor tertinggi diperoleh pada frekuensi 50 Hz sebesar 0,448 Ampere dan terendah diperoleh pada frekuensi 5 Hz yaitu sebesar 0,092 Ampere.

B. Saran

Perancangan *trainer* ini dapat menjadi landasan buat pengembangan yang lebih lanjut seperti:

1. Pengujian dilakukan tanpa beban mekanis, sehingga karakteristik torsi, efisiensi penuh dan respon dinamis terhadap variasi beban belum tervalidasi
2. Implementasi sensor cerdas atau konektivitas ke platform *IoT (Internet of Thing)* untuk mempersiapkan mahasiswa menghadapi tren masa depan dalam pengendalian mesin listrik.

REFERENSI

- [1] D. Supriyatna, H. Abdillah, and Irhamullah, "Sistem Kerja Rangkaian Forward-Reverse Pada Motor 3 Fasa," *J. Media Elektr.*, vol. 20, no. 1, pp. 2721–9100, 2020.
- [2] Dedi Noviandri, E. Zondra, and A. Atmam, "Evaluasi Kinerja Motor Coal Feeder Di PLTU Tenayan Raya Terhadap Pengaruh Perubahan Frekuensi," *J. Tek.*, vol. 16, no. 1, pp. 88–95, 2022, doi: 10.31849/teknik.v16i1.6987.
- [3] 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.
- [4] Ihsan Faturrohman and Mohammad Fatkhurrohman, "Pengaturan Kecepatan Motor Induksi 3 fasa Dengan Mengatur Frekuensi Menggunakan VSD di PERUMDAM Tirta Madani Serang," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 1, pp. 46–56, 2023, doi: 10.58169/saintek.v2i1.135.
- [5] M. W. Fatma, G. B. Saputra, and A. J. Arnella, "Rancang Bangun Trainer Pengendalian Kecepatan Motor Listrik Menggunakan Inverter VFD (Variable Frequency Drive)," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 6, no. 1, pp. 30–39, 2026, doi: 10.47233/jsit.v6i1.3965.
- [6] M. Aswad Alfian M, R. Rasmondo, A. Fitriati, S. Mustafa, and M. Mukhlisin, "Pengaruh Perubahan Frekuensi Dalam Sistem Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Berbasis Variable Frequency Drive (Vfd) Terhadap Arus Kumparan Motor," *Joule (Journal Electr. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 43–49, 2023, doi: 10.61141/joule.v4i2.441.
- [7] A. Mery Nur Laili, Muhammad Cahyo Bagaskoro, Langlang Gumilar, Mohamad Rodhi Faiz, "Perancangan Kendali Motor Induksi Menggunakan Variable Speed Drive," *J. Kaji. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2023.
- [8] A. J. I. S. Alimuddin, A. Jamlean, and I. Sarman, "Design and Implementation of 3-Phase AC Motor Control Using Variable Speed Drive (VSD) Module," *Electro Luceat*, vol. 9, no. 1, pp. 95–101, 2023.
- [9] S. Yusnan Badruzzaman, Pengajar, J. Teknik, E. Politeknik, N. Semarang, and S. H. Tembalang, "Sistem Monitoring Kendali Motor Induksi Tiga Fasa," vol. 11, no. 2, pp. 147–152, 2015.

- [10] Deni Irawan, Prihadi Murdiyat, and Rusdiansyah, "Variable Frequency Drive (VFD) Berbasis Arduino Mega 2560 Sebagai Pengendali Motor Induksi 3 Fase," *PoliGrid*, vol. 4, no. 2, pp. 52–61, 2023, doi: 10.46964/poligrid.v4i2.30.
- [11] C. R. Harahap, R. A. Nasution, and F. X. A. Setyawan, "Pengendalian Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Dengan Sumber Panel Surya," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 11, no. 3, 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i3.3424.
- [12] H. Haryanto and R. Munarto, "Analisis Karakteristik Motor Induksi Tiga Fasa XYZ Standar NEMA," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 3, no. 1, p. 35, 2016, doi: 10.36055/setrum.v3i1.496.
- [13] M. Muratno, "Pengujian Dan Analisis Motor Asinkron Tiga Fasa Pada Laboratorium Elektro," *J. Tek. Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 27–34, 2020.
- [14] S. A. Aziz, A. Gulton, and G. Simamora, "Analisis pengaruh Kendali Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Untuk Mesin Cuci Milnor Extractor Menggunakan Variable Speed Drive Yaskawa Di Hotel Indonesia Kempinski Jakarta Universitas Tama Jagakarsa , Indonesia 1 Afif Analisis pengaruh Kendali Kecepatan Motor," vol. 4, 2024.
- [15] M. Huda *et al.*, "PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI 3 FASA DENGAN MENGGUNAKAN INVERTER ACS-580," vol. 4, no. 3, pp. 371–382, 2023.
- [16] S. Diantoro, D. Nugroho, and A. A. Nugroho, "Analisa Pengaruh Perubahan Frekuensi Dan Tegangan Terhadap Efisiensi Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Matlab Simulink," *Elektrika*, vol. 16, no. 2, p. 127, 2024, doi: 10.26623/elektrika.v16i2.8852.