

ANALISIS PENGARUH KENDALI PUTAR MOTOR INDUKSI TIGA FASA MENGGUNAKAN VFD SIEMENS

Ade Bagas Fakhri¹, Yoga Andicka Deavy², Maharani Putri³
Teknik Listrik^{1,2,3}, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan
adefakhri@students.polmed.ac.id¹, yogaandicka@students.polmed.ac.id²,
maharaniputri@polmed.ac.id³

ABSTRAK

Motor induksi tiga fasa banyak digunakan sebagai penggerak peralatan-peralatan seperti pompa di bidang industri manufaktur, dikarenakan memiliki banyak keuntungan. Penggunaan motor induksi tiga fasa dengan sistem *direct on-line* memiliki arus *starting* yang tinggi dan kecepatan putar konstan, tentu sangat tidak efektif dalam melakukan proses produksi. Salah satu cara untuk mengendalikan kecepatan putar motor induksi tiga fasa adalah dengan menggunakan *Variable Frequency Drive* (VFD). Sinkronisasi antara motor induksi dengan VFD dapat dilakukan dengan mengatur *setting* parameter VFD sesuai dengan *nameplate* motor tersebut. Dari data pengukuran yang dilakukan kecepatan putar motor induksi berbanding lurus dengan pemakaian energi listrik. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan putar motor induksi yang tidak selalu maksimum dapat menghemat pemakaian energi listrik yang berkelanjutan. Pemakaian energi listrik motor induksi tiga fasa ketika *running* dengan kecepatan putar pada *set point* 10% akan lebih hemat 9 kali dibandingkan dengan kecepatan putar pada *set point* 100% atau putaran maksimum.

Kata Kunci : Motor Induksi, VFD, Energi Listrik

PENDAHULUAN

Motor induksi banyak digunakan di industri karena motor induksi tersebut mempunyai konstruksi sederhana, mudah dioperasikan, relatif lebih murah dalam perawatannya. Sarhan (2011) menyatakan bahwa diperkirakan lebih dari 50% energi listrik dunia yang dihasilkan dikonsumsi oleh mesin listrik. Adapun jenis motor induksi saat pengoperasiannya dengan sumber tegangan yang diberikan salah satunya adalah jenis motor induksi tiga fasa. Motor induksi tiga fasa sering digunakan sebagai penggerak pada peralatan dengan kecepatan penuh atau kecepatan yang relatif konstan.

Variable Frequency Drive adalah rangkaian elektronika (dioda, kapasitor, dan transistor) yang dapat mengatur kecepatan putar motor induksi dengan cara merubah frekuensi daya listrik yang dipasang ke motor induksi, tujuan dikendalikan putaran sebuah motor induksi adalah untuk menyesuaikan dengan beban yang digunakan sehingga menghasilkan produk yang berkualitas. Untuk melakukan pengendalian kecepatan putar pada motor induksi melalui VFD harus melakukan *setting parameter* VFD dengan cara *input* spesifikasi motor induksi terlebih dahulu ke VFD agar terjadinya sinkronisasi antara motor induksi dengan VFD. Spesifikasi motor induksi dapat dilihat melalui *nameplate* motor atau *data sheet* motor sesuai pabrikan. Pengendalian kecepatan putar motor induksi tiga fasa mempengaruhi nilai frekuensi sehingga akan terpengaruh juga terhadap nilai tegangan yang dipasang ke motor. Tegangan yang dipengaruhi oleh frekuensi menyebabkan penghematan pada pemakaian energi listrik. Penghematan energi listrik yang berkelanjutan sangat menguntungkan di bidang industri manufaktur, dikarenakan banyaknya peralatan-peralatan motor induksi yang digunakan. Penggunaan VFD pada motor induksi dapat mempengaruhi banyak hal, terutama pada penghematan energi listrik. Penelitian ini membahas masalah pengaruh kecepatan putar motor induksi tiga fasa menggunakan VFD siemens.

TINJAUAN PUSTAKA

Uraian Teori

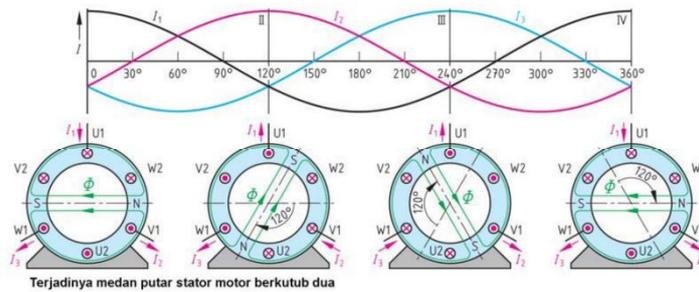
Bagian ini berisi teori-teori yang digunakan sebagai identifikasi, penjelasan, serta pembahasan.

1. Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi adalah alat listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Listrik yang diubah adalah listrik 3 fasa. Motor induksi sering juga disebut motor tidak serempak atau motor asinkron. (Gomgom, 2014)

Secara umum motor induksi terdiri dari rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang bergerak, sedangkan stator bagian yang diam. Diantara stator dan rotor terdapat celah udara yang jaraknya sangat kecil. (Rachmat, A., 2014)

Stator yang dihubungkan dengan sumber tegangan AC tiga fasa maka akan mengalir arus tiga fasa pada kumparan stator. Arus AC tiga fasa yang mengalir pada stator akan menghasilkan fluks bolak-balik. Interaksi fluks setiap fasa menghasilkan medan putar. (Hartanto, A., 2016)



Gambar 1. Bentuk gelombang sinusoidal dan timbulnya medan putar pada stator motor induksi
Sumber: Hartanto, A., 2016

- Saat sudut 0° . Arus I_1 bernilai positif dan arus I_2 dan arus I_3 bernilai negatif dalam hal ini belitan V_2 , U_1 dan W_2 bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan belitan V_1 , U_2 dan W_1 bertanda titik (arus listrik menuju pembaca). terbentuk fluks magnet pada garis horizontal sudut 0° . kutub S (south=selatan) dan kutub N (north=utara).
- Saat sudut 120° . Arus I_2 bernilai positif sedangkan arus I_1 dan arus I_3 bernilai negatif, dalam hal ini belitan W_2 , V_1 dan U_2 bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan kawat W_1 , V_2 dan U_1 bertanda titik (arus menuju pembaca). Garis fluks magnet kutub S dan N bergeser 120° dari posisi awal.
- Saat sudut 240° . Arus I_3 bernilai positif dan I_1 dan I_2 bernilai negatif, belitan U_2 , W_1 dan V_2 bertanda silang (arus meninggalkan pembaca), dan kawat U_1 , W_2 dan V_1 bertanda titik (arus menuju pembaca). Garis fluks magnet kutub S dan N bergeser 120° dari posisi kedua.
- Saat sudut 360° . posisi ini sama dengan saat sudut 0° . dimana kutub S dan N kembali keposisi awal sekali.

Kecepatan putaran motor sama dengan jumlah putaran motor dalam periode tertentu, misalnya putaran per menit (Rpm). Alat ukur yang digunakan adalah indikator kecepatan sering disebut tachometer. (Azizi, M., 2013)

Kecepatan putar medan sinkron dapat dikalkulasi menggunakan persamaan yaitu:

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{P} \quad (1)$$

Keterangan:

N_s = Kecepatan putaran medan stator (Rpm)

f = Frekuensi jala-jala (Hz)

120 = Konstanta

P = Pasang kutub pada motor (pole)

2. Energi dan daya listrik motor induksi tiga fasa

Energi listrik adalah sejumlah daya listrik yang diserap selama waktu tertentu. Energi listrik diukur dengan menggunakan alat ukur listrik yang disebut dengan wattjam meter atau kWh meter atau MWh meter. Energi listrik dituliskan dengan persamaan: (Atmam, 2018)

$$W = P \times t \quad (2)$$

Keterangan:

W = Energi Listrik (Wh)

P = Daya (Watt)

t = Waktu (Sekon)

Daya adalah suatu gaya yang menyebabkan sesuatu benda dapat bergerak atau jumlah kerja yang dapat dilakukan dalam satuan dituliskan dengan persamaan sebagai berikut: (Atmam, 2018)

$$P = V \times I \quad (3)$$

Keterangan:

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Perhitungan daya pada motor induksi tiga fasa dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan:

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \quad (4)$$

Cos phi atau faktor daya adalah nilai perbandingan antara besarnya daya aktif dengan besarnya daya semu.

3. *Variable Frequency Drive*

Variable speed drive atau *Variable frequency drive* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor listrik (AC) dengan mengontrol frekuensi daya listrik yang dipasok ke motor. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mengendalikan kecepatan putar motor induksi tersebut diantaranya dengan kendali tegangan dan frekuensi yang dikenal dengan kendali V/f konstan. Kendali V/f konstan adalah salah satu cara untuk mengendalikan kecepatan putar motor induksi dengan merubah tegangan dan frekuensi, tetapi menjaga konstan rasio keduanya. (Atmam, 2018)

Prinsip kerja VFD yang sederhana adalah:

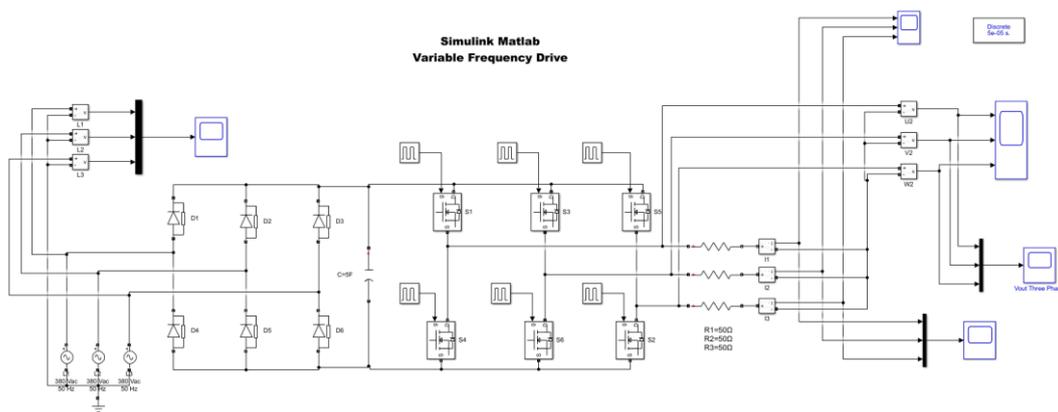
- a. Tegangan yang masuk dari jala-jala 50 Hz dialirkan ke board Rectifier/ penyearah DC, dan ditampung ke bank capacitor. Jadi dari AC di jadikan DC.
- b. Tegangan DC kemudian diumpankan ke board inverter untuk dijadikan AC kembali dengan frekuensi sesuai kebutuhan. Jadi dari DC ke AC yang komponen utamanya adalah Semikonduktor aktif seperti IGBT. Dengan menggunakan frekuensi carrier (bisa sampai 20 kHz), tegangan DC dicacah dan dimodulasi sehingga keluar tegangan dan frekuensi yang diinginkan. (Atmam, 2018)

4. Transistor berdasarkan *Variable Speed Drive*

Strategi yang modern untuk mengendalikan keluaran AC seperti pada konverter daya elektronik yaitu teknik yang dikenal sebagai pulse-width modulation (PWM), yang *duty cycle* bervariasi dari switch converter pada frekuensi switching yang tinggi dengan tujuan keluaran frekuensi tegangan atau arus rata-rata rendah. Pada prinsipnya, semua skema modulasi bertujuan untuk menciptakan switch gelombang pulsa yang memiliki dasar rata-rata volt-detik yang sama sebagai bentuk gelombang referensi target pada setiap perubahan saat itu juga. (Putri, M., 2014)

5. Matlab Simulink 2021a

Menurut Hanselman & Littlefield (2000), salah satu fitur yang pada Matlab adalah Simulink yang merupakan program yang berorientasi objek (Object Oriented Program). Di dalam Simulink paket aplikasi yang banyak erat hubungannya dengan aplikasi komputer bidang engineering (Teknik Tenaga Listrik) yaitu power system blockset. Pada power system blockset ini banyak sekali library yang dapat dimanfaatkan untuk membantu proses pembelajaran dalam bidang teknik tenaga elektrik. (Isniani, M., 2021)



Gambar 2. Rangkaian VFD pada matlab simulink 2021a
Sumber: Penulis, 2022

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Adapun tahapan – tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis potensi bahaya yang akan terjadi pada saat melakukan penelitian, yaitu dengan cara membuat permit seperti General Permit to Work dan Job Safety Analysis Form.
2. Mempersiapkan peralatan kerja yang dibutuhkan pada saat melakukan penelitian.
3. Observasi lapangan dengan melakukan pengecekan kondisi motor induksi tiga fasa.
4. Pastikan jalur inlet dan outlet pompa centrifugal dalam keadaan open.
5. Komunikasi dengan tim proses mengenai start running motor.
6. *Setting* parameter VFD
7. Start running motor induksi tiga fasa.
8. Lakukan pendataan pada nilai-nilai yang ditampilkan melalui BOP VFD.
9. Analisis data mengenai pengaruh frekuensi terhadap tegangan dan perhitungan jumlah pemakaian energi listrik motor induksi tiga fasa.
10. Membersihkan dan merapikan area kerja (*Housekeeping*).

Model Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kuantitatif. Peneliti menggunakan metode kuantitatif karena proses mencari hasil data berupa angka yang berfungsi sebagai alat untuk menganalisis hasil apa yang ingin diketahui.

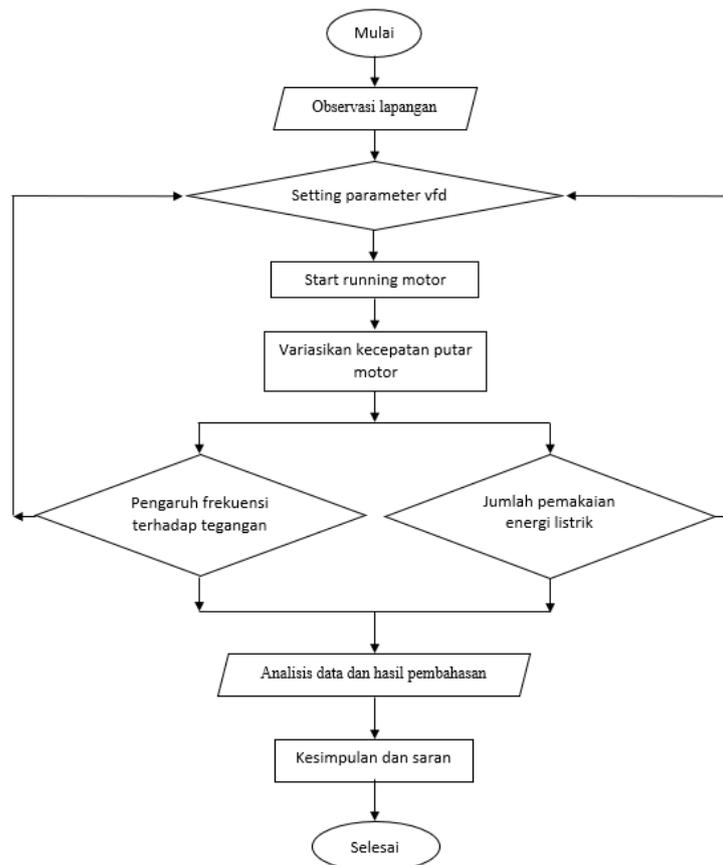
Pengujian performa motor induksi tiga fasa dilakukan secara aktual, dengan menganalisis pengaruh frekuensi terhadap tegangan, dan melakukan perhitungan pemakaian energi listrik motor induksi pada kecepatan putar yang divariasikan.

Rancangan Kegiatan

Perancangan penelitian awal kegiatan dalam menentukan tujuan dan langkah-langkah yang harus dilakukan agar tujuan pengamatan dapat tercapai.

1. *Flowchart Diagram*

Flowchart diagram merupakan gambaran yang memberikan alur pengerjaan atau proses penelitian.



Gambar 3. Flowchart diagram/diagram alir
Sumber: Penulis, 2022

Ruang Lingkup Penelitian

Pengamatan pendahuluan adalah kegiatan yang dilaksanakan secara langsung di lapangan dengan tujuan untuk mengetahui kondisi secara umum dan aktual pada lokasi yang menjadi obyek studi.

Pengamatan dapat dimulai dari kondisi motor induksi tiga yang selalu dalam kondisi *stand by*, sehingga dilakukan pengujian terhadap performa motor.

Pengamatan lapangan yang akan dilakukan diantaranya adalah:

1. *Setting* parameter VFD
2. Mengidentifikasi pengaruh frekuensi terhadap tegangan
3. Perhitungan jumlah pemakaian energi listrik motor induksi tiga fasa

Tempat Penelitian

Lokasi penelitian Sei Mangkei, Kecamatan Bosar Maligas, Kabupaten Simalungun, Provinsi Sumatera Utara, 21184. Yang menjadi tempat penelitian yaitu PT. Unilever Oleochemical Indonesia khususnya di MCC-02 elevasi 7.000 mm Dove Plant.

Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Teknik pengumpulan dan analisis data ini menggunakan metode kuantitatif karena proses mencari hasil data berupa angka:

1. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan di BOP VFD panel MCC-2 ketika motor running dengan kecepatan putar yang divariasikan, untuk dapat mengendalikan kecepatan putar motor induksi tiga fasa menggunakan VFD adapun spesifikasi motor induksi yang harus disinkronkan ke komponen VFD, spesifikasi tersebut dapat dilihat dari nameplate motor induksi. Setelah motor induksi dan VFD sinkron, maka dilakukan *start running* motor dengan kecepatan yang dapat dikendalikan. Dengan begitu maka data-data dapat dikumpulkan melalui BOP VFD.

Tabel 1. Data *Running Motor Primary Circulation Chiller Pump* di BOP VFD

Set Point (%)	Speed (Rpm)	Frequency (Hz)	Vin (V)	Vout (V)	Current (A)
10	300	5,1	556,9	47,8	13,13
20	600	10	554,3	89,7	12,17
30	900	15	554,1	130,2	11,24
40	1200	20,1	551,4	171,3	11
50	1500	25,1	549,2	212,5	11,11
60	1800	30,1	547,3	253,6	11,40
70	2100	35,2	545,1	294,5	12,08
80	2400	40,2	542,9	334,1	12,9
90	2700	45,3	536,8	373,4	14,65
100	3000	50,5	529,9	397,1	18,94

a. *Set Point (%)*

Untuk mengambil sampel pada pemakaian daya listrik motor induksi tiga fasa menggunakan kelipatan 10%. Sehingga jumlah sampel pemakaian daya listrik adalah berjumlah 10 dengan *set point* 10-100%. Dengan begitu terdapat 10 perbandingan pada tiap-tiap daya yang dipakai oleh motor induksi tiga fasa.

b. *Speed (Rpm)*

Pada penelitian ini *speed* adalah sebagai acuan utama untuk melakukan penelitian pemakaian daya listrik pada motor induksi tiga fasa. *Speed* maksimum adalah 3000 Rpm. *Speed* diatur terlebih dahulu ketika ingin melakukan *start running* motor induksi, sehingga dapat diketahui pada saat *speed* diatur dengan posisi 10% (300Rpm).

c. *Frequency (Hz)*

Frekuensi yang diapsok ke *Variable Frequency Drive* adalah sebesar 50 Hz, setelah itu *Variable Frequency Drive* akan memvariasikan *frequency* tersebut dari 0-50Hz guna mengendalikan kecepatan putar motor induksi.

d. *Power (kW)*

Pemakaian daya pada motor induksi tiga fasa menggunakan VFD berbanding lurus dengan kecepatan putar motor induksi tiga fasa, itu disebabkan oleh tegangan keluaran dari VFD juga berbanding lurus dengan kecepatan putar motor induksi.

2. Teknik Analisis Data

Tahapan ini merupakan kegiatan untuk mencari hasil perencanaan dari data-data yang telah ada. Data disesuaikan dengan jenis analisis yang akan dilakukan. Jenis-jenis perencanaan yang akan dilakukan dalam penyusunan laporan karya ilmiah:

- Mensimulasikan rangkaian VFD melalui matlab simulink 2021a dengan tujuan untuk mempermudah menganalisis bentuk gelombang yang dihasilkan VFD.
- Melakukan input data spesifikasi motor induksi tiga fasa ke BOP VFD sesuai parameter yang ada di manual book VFD, agar motor sinkron dengan VFD.
- Menganalisis pengaruh frekuensi terhadap tegangan yang dipasok ke motor induksi tiga fasa, serta menjelaskan perbandingan tersebut melalui kurva dengan acuan kecepatan putar motor induksi yang divariasikan 300rpm – 3000rpm.
- Perhitungan pemakaian energi listrik dengan data yang didapatkan melalui BOP VFD. Data tersebut adalah nilai tegangan dan arus yang dipakai motor induksi pada saat motor induksi *running* dengan kecepatan putar yang divariasikan, sehingga didapatkan perbandingan *low speed* dan *high speed* melalui kurva.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Parameter Setting *Variable Frequency Drive*

Nilai yang harus disetting agar motor induksi sinkron dengan VFD yaitu:

- Voltage; 2. Power; 3. Current; 4. Power Factor; 5. Frequency; 6. *Speed*

Keenam data tersebut dapat dilihat dari nameplate motor atau data sheet sesuai dengan pabrikan.

Berikut tabel hasil parameter setting motor induksi tiga fasa "*Primary Circulation Chiller Pump*".

Konferensi Nasional Sosial dan Engineering Politeknik Negeri Medan Tahun 2022

Tabel 2. Parameter Setting Detail of MCC-02 PT. Unilever Oleochemical Indonesia

Parameter	Parameter Text	Factory set value	Set Value	Remark
P15	Standard I/O with MOP	7	9	Macro drive unit
P304(0)	Rated Motor Voltage	400V	400V	
P305(0)	Rated Motor Current	27A	27A	
P306(0)	Numbers Of Motors	1	1	
P307(0)	Rated Motor Power	15KW	15KW	
P308(0)	Rated Motor Power Factor	0,88	0,88	
P310(0)	Rated Motor Frequency	50Hz	50Hz	
P311(0)	Rated Motor Speed	2938rpm	2938rpm	
P604(0)	Mot_temp_mod 2/KTY alarm threshold	130.0 °C	130.0 °C	Alarm
P605(0)	Mot_temp_mod 1/2 threshold	145.0 °C	145.0 °C	Trip
P730	Digital O/P (DO0)	r52.3	r52.2	Motor Running
P732	Digital O/P (DO2)	r52.2	r52.3	Motor Fault
P756(0)	Voltage Input (-10V To +10V)	4		
	Analog O/P (4 To 20mA)	3		
P1082(0)	Max Speed (Factory Set)	3000rpm	3000rpm	
P1080(0)	Minimum Speed (-VE)	3000rpm	0rpm	
P1075(0)	Supplementary setpoint	r755=0		Analog I/I 4-20mA
P1110(0)	Inhibit Negative Direction	1		

Pemakaian Daya Listrik Primary Circulation Chiller Pump

Hasil analisa dari perhitungan set point 10% pada putaran 300 Rpm diperoleh daya aktif sebesar 0,552 kW dengan energi listrik sebesar 0,552 kWh dan perhitungan set point 20% pada putaran 600 Rpm diperoleh daya aktif sebesar 0,961 kWh dengan energi listrik sebesar 0,961 kWh.

Perbandingan penggunaan pemakaian daya listrik motor induksi tiga fasa pada putaran 300 Rpm lebih rendah sebesar 0,409 kWh dibandingkan dengan putaran 600 Rpm.

Persentase yang digunakan adalah dengan interval 10% yaitu: 300 Rpm, 600 Rpm, 900 Rpm, 1200 Rpm, 1500 Rpm, 1800 Rpm, 2100 Rpm, 2400 Rpm, 2700 Rpm, dan 3000 Rpm.

Tabel 3. Hasil Analisis Data Pemakaian Daya Listrik

Set Point (%)	Speed (Rpm)	Frequency (Hz)	Power (kW)
10	300	5,1	0,552
20	600	10	0,961
30	900	15	1,288
40	1200	20,1	1,658
50	1500	25,1	2,078
60	1800	30,1	2,544
70	2100	35,2	3,131
80	2400	40,2	3,793
90	2700	45,3	4,814
100	3000	50,5	6,619

Hasil penelitian pemakaian daya listrik pada pompa “Primary Circulation Chiller Pump” dengan No. tagging P-30443A:

1. Set Point (%)

Untuk mengambil sampel pada pemakaian daya listrik motor induksi tiga fasa menggunakan kelipatan 10%. Sehingga jumlah sampel pemakaian daya listrik adalah berjumlah 10 dengan set point 10-100%. Dengan begitu terdapat 10 perbandingan pada tiap-tiap daya yang dipakai oleh motor induksi tiga fasa.

2. *Speed (Rpm)*

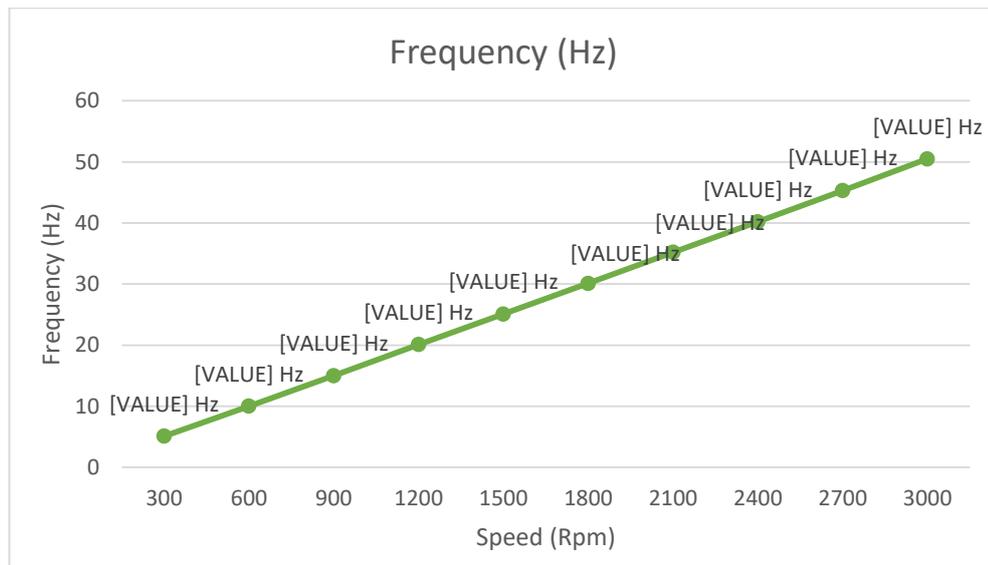
Pada penelitian ini *speed* adalah sebagai acuan utama untuk melakukan penelitian pemakaian daya listrik pada motor induksi tiga fasa. *Speed* maksimum adalah 3000 Rpm. *Speed* diatur terlebih dahulu ketika ingin melakukan *start running* motor induksi, sehingga dapat diketahui pada saat *speed* diatur dengan posisi 10% (300Rpm) maka pemakaian daya listrik sudah dapat diperhitungkan dengan menggunakan data yang tampil di BOP VFD. Begitu juga seterusnya dengan jumlah *speed* yang berbeda maka dapat dilakukan penelitian terhadap perbandingan pemakaian daya listrik.

3. *Frequency (Hz)*

Frekuensi yang diapsok ke *Variable Frequency Drive* adalah sebesar 50 Hz, setelah itu *Variable Frequency Drive* akan memvariasikan *frequency* tersebut dari 0-50Hz guna mengendalikan kecepatan putar motor induksi. Dengan data yang telah diamati nilai frekuensi ikut naik apabila putaran motor dinaikkan, hal tersebut dapat dibuktikan dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$N_s = \frac{120.f}{p} \quad (5)$$

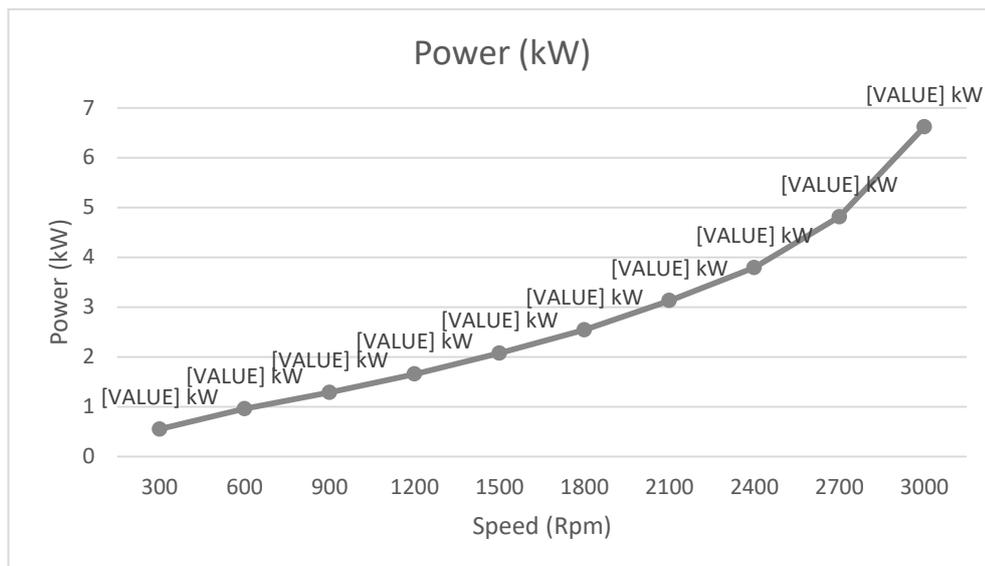
$N \sim F$ = Jumlah putaran stator berbanding lurus dengan frekuensi, yang berarti apabila *speed* dinaikkan maka *frequency* juga ikut naik.



Gambar 4. Grafik Frekuensi Terhadap Jumlah Putaran
Sumber: Penulis, 2022

4. *Power (kW)*

Pemakaian daya pada motor induksi tiga fasa menggunakan VFD berbanding lurus dengan kecepatan putar motor induksi tiga fasa, itu disebabkan oleh tegangan keluaran dari VFD juga berbanding lurus dengan kecepatan putar motor induksi, yang dimana nilai daya didapatkan dari hasil perkalian antara tegangan dengan arus, jadi apabila tegangannya naik ketika jumlah putaran ditambahkan maka pemakaian daya listrik juga akan bertambah, dalam kasus ini nilai arus juga mempengaruhi pemakaian daya listrik, tetapi pada penelitian ini kenaikan atau penurunan nilai arus tidak jauh berbeda dikarenakan menggunakan beban dan fluida yang sama.



Gambar 5. Grafik Daya Terhadap Jumlah Putaran
Sumber: Penulis, 2022

SIMPULAN

Hasil pemakaian daya listrik pada motor *Primary Circulation Chiller Pump* pada putaran 300-3000 Rpm, semakin tinggi putaran motor maka semakin besar pula pemakaian daya listriknya. Pemakaian daya listrik dari yang terendah pada putaran 300 Rpm sebesar 0,552 kW sampai pemakaian daya listrik yang tertinggi/maksimum pada putaran 3000 Rpm sebesar 6,619 kW, dengan grafik yang terus naik. Kecepatan putar motor induksi dengan pemakaian daya listrik adalah berbanding lurus. Hal tersebut disebabkan oleh nilai tegangan keluaran VFD yang naik apabila nilai frekuensi yang dipasok ke motor dinaikkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih Kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmam, Tanjung, A., & Zulfahri., (2018). *Analisis Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi Tiga Fasa menggunakan Variable Speed Drive*. Pekanbaru: Jurnal Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning.
- Azizi, M., (2013). *Mengukur Kecepatan Putaran*. Bali: Makalah STIKI Indonesia. Graphic Design and Multimedia.
- Gomgom, (2014). *Penerapan Variable Frequency Drive pada Motor Fuel Screw Feeder untuk Bahan Bakar pada Sistem Boiler di PT. Lontar Papyrus Pulp & Paper Industri*. Palembang: Jurnal Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tridianti Palembang.
- Hartanto, A., (2016). *Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa Dengan Variabel Frekuensi Berbasis Sistem Operasi Perintah Suara Android*. Lampung: Skripsi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universtas Lampung.
- Isaini, M., (2021). *Pemanfaatan Matlab Simulink Sebagai Media Pembelajaran Praktik Secara Daring*. Medan: Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan.

Konferensi Nasional Sosial dan Engineering Politeknik Negeri Medan Tahun 2022

- Putri, M., Bafaai, U., & Ramli, M., (2014). *Analisis Reduksi Harmonisa Pada Variable Speed Drive Menggunakan Filter LC Dengan Beban Motor Induksi Tiga Fasa*. Medan: Jurnal Magister Teknik Jurusan Teknik Elektro Universitas Sumatera Utara.
- Rachmat, A., Ruhama, A., (2014). *Perancangan dan Pembuatan Alat Uji Motor Induksi AC Tiga Fasa Menggunakan Dinamometer Tali (Rope Brake Dynamometer)*. Majalengka: Jurnal Fakultas Teknik Universitas Majalengka.
- Suyanto, M., Subandi, Syafrudin, & Fikri, A, M., (2019). *Kendali Putaran Motor Asinkron 3 Phasa dengan VSD Tipe ATV312HU15N4*. Yogyakarta: Jurnal Jurusan Teknik Elektro, Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.