

Evaluasi Pengendalian Kecepatan Putaran Motor Induksi Tiga Fasa Menggunakan Variable Speed Drive ATV61 Terhadap Penghematan Energi Pada PLTGU Tanjung Batu

Gilang Arrachman¹, Rusdiansyah², Bustani³
^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Samarinda
 rusdiansyah@polnes.ac.id

Abstrak- Motor induksi tiga fasa banyak digunakan sebagai penggerak peralatan dengan kecepatan penuh secara konstan, sedangkan kebutuhan suatu sistem tidak selalu harus pada kecepatan penuh. Oleh karena itu Variable Speed Drive (VSD) dapat mengatur kecepatan putaran motor induksi sesuai dengan yang dibutuhkan. Penurunan kecepatan motor berpengaruh terhadap konsumsi daya listrik. Dari hasil penelitian ini diperoleh bahwa daya motor induksi tiga fasa jika dioperasikan tanpa dan dengan menggunakan VSD berturut-turut adalah sebesar 1344.88 kWh dan 559.313 kWh. Dengan selisih sebesar 785.567 kWh, penggunaan VSD menghemat energi listrik sebesar 58.411%.

Kata kunci: Konsumsi daya listrik, motor induksi tiga fasa, variable speed drive.

I. PENDAHULUAN

Pada banyak industri, motor listrik digunakan untuk menunjang proses produksi. Salah satu jenis motor yang sering digunakan adalah motor induksi tiga fasa. Saat digunakan, motor induksi tiga fasa tidak selalu diharapkan bekerja pada putaran penuh. Karena itu berbagai metode digunakan untuk mengatur kecepatan putar motor induksi tiga fasa, salah satunya adalah dengan menggunakan *Variable Speed Drive* (VSD) [1]. *Variable Speed Drive* adalah suatu alat yang dapat mengendalikan putaran motor induksi tiga fasa dengan cara merubah frekuensi tegangan masuknya.

Motor induksi tiga fasa dengan pengaturan kecepatan juga digunakan di PLTGU Tanjung Batu. Perangkat tersebut merupakan salah satu dari berbagai perangkat lain yang digunakan dalam proses pembangkitan listrik. Perangkat *Variable Speed Drive* yang dipakai adalah Schneider Altivar 61. Pada saat pembangkit beroperasi, laju aliran bahan bakar jenis *High Speed Diesel* (HSD) diatur dengan menggunakan *Variable Speed Drive* Schneider Altivar 61. *Variable Speed Drive* mengatur nilai frekuensi pada motor *feeding pump* sehingga laju aliran bahan bakar dapat disesuaikan dengan yang dibutuhkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Motor Induksi Tiga Fasa

Motor arus bolak-balik (Motor AC) adalah suatu mesin yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik atau tenaga gerak, dimana tenaga gerak ini berupa perputaran pada poros motor [2]. Motor induksi tiga fasa dioperasikan pada sistem tenaga tiga fasa dan banyak digunakan dalam berbagai bidang industri. Terdapat dua komponen utama pada motor induksi tiga fasa yaitu rotor dan stator. Rotor merupakan bagian yang berputar sedangkan stator merupakan bagian yang diam.

B. Stator

Stator merupakan bagian yang diam pada motor induksi. Bagian stator tersusun dari alur-alur yang terbuat dari pelat-pelat yang dipejalkan sebagai tempat kawat kumparan dililitkan sehingga membentuk gulungan. Bentuk gulungan pada dasarnya cukup banyak, namun yang umum digunakan ada 3 macam, yaitu *block biasa*, *block diamond*, dan *block smith*

C. Rotor

Rotor merupakan bagian yang berputar pada motor induksi. Perputaran rotor disebabkan karena adanya medan magnet yang dihasilkan oleh stator. Rotor motor induksi tidak berputar pada kecepatan sinkron tetapi sedikit ketinggalan atau terjadi selisih jumlah putaran antara putaran medan stator dan putaran rotor

D. Slip

Selisih antara putaran medan stator dan putaran rotor disebut sebagai *slip*. Kecepatan putaran rotor motor induksi harus lebih lambat dari kecepatan sinkronnya supaya konduktor pada rotor selalu dipotong oleh medan putar, sehingga pada rotor timbul tegangan induksi yang akan menghasilkan arus induksi pada rotor.

$$\text{Slip } (S) = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan :

S	: Slip
Ns	: Kecepatan Sinkron
Nr	: Kecepatan Putaran Rotor

E. Torsi

Torsi adalah kekuatan yang menghasilkan suatu rotasi (putaran). Hal ini menyebabkan objek untuk berputar. Torsi merupakan gaya yang digunakan untuk menggerakkan sesuatu dengan jarak dan arah tertentu. Torsi terdiri dari gaya dan jarak dengan satuan lb-ft, satuan tersebut harus diubah ke dalam satuan Nm. Untuk 1 lb ft = 1,356 Nm. Untuk menghitung nilai torsi dapat menerapkan rumus :

$$\tau = \frac{5250 \times HP}{n} \quad (2)$$

Keterangan :

τ : Torsi

n : Kecepatan Sinkron

HP : Daya motor

Sedangkan hubungan torsi terhadap daya pada sebuah motor induksi tiga fasa adalah :

$$P = \tau \times \omega \quad (3)$$

Keterangan :

P : Daya, Watt (W)

τ : Torsi

ω : Kecepatan sudut (Rad/s)

Untuk rumusan kecepatan sudut adalah :

$$\omega = 2. \pi. n/60 \quad (4)$$

Keterangan :

n : Kecepatan putaran motor (Rpm)

Dari persamaan di atas dapat dilihat bahwa daya yang dibutuhkan motor induksi sebanding dengan besarnya torsi yang dihasilkan pada kecepatan tertentu.

F. Rugi Daya dan Efisiensi

Pada sebuah motor induksi terdapat rugi-rugi yang ditimbulkan karena komponen-komponen yang menyusun motor itu sendiri. Komponen - komponen tersebut akan menimbulkan rugi - rugi tembaga, rugi - rugi pada inti besi, rugi - rugi mekanik seperti hambatan yang ditimbulkan karena gesekan dan angin. Efisiensi sebuah motor dinyatakan sebagai persentase perbandingan antara daya output (P_{out}) terhadap daya input (P_{in}). Untuk menghitung rugi daya dan efisiensi motor induksi dapat menggunakan rumus berikut ini:

Untuk rugi daya

$$P = P_{in} - P_{out} \quad (5)$$

Keterangan :

P : Rugi daya

P_{in} : Daya masukan

P_{out} : Daya keluaran

Untuk mencari Pin

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \quad (6)$$

Keterangan :

P : Daya masukan

V : Tegangan

I : Arus

$\cos\phi$: Faktor daya

Untuk mencari Pout

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \times \eta \quad (7)$$

Keterangan :

P : Daya masukan

V : Tegangan

I : Arus

$\cos\phi$: Faktor daya

η : Efisiensi motor induksi

Untuk efisiensi

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \quad (8)$$

Keterangan :

η : Efisiensi

P_{out} : Daya masukan

P_{in} : Daya masukan

G. Variable Speed Drive

Variable Speed Drive (VSD) adalah suatu peralatan pengendali motor induksi 3 fasa dengan prinsip mengatur besaran frekuensi dan tegangan yang diterima oleh motor induksi [3]. *Variable Speed Drive* menggunakan frekuensi tegangan masuk untuk mengatur kecepatan putaran motor induksi tiga fasa. Pengaturan Lebar Pulsa Modulasi atau PWM merupakan salah satu teknik yang digunakan dalam sistem kendali. Pengaturan lebar modulasi dipergunakan sebagai *speed control* (kendali kecepatan). Kecepatan putaran medan stator dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$n_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (9)$$

Keterangan :

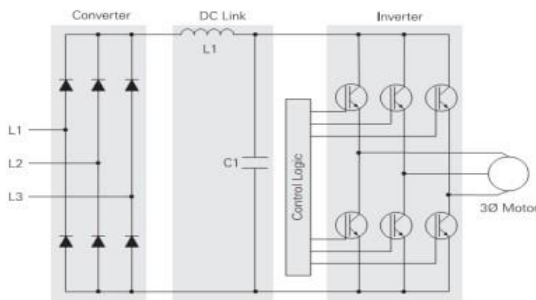
f : Frekuensi

p : Jumlah kutub

Dari besaran pada persamaan di atas, dapat dilihat bahwa nilai dari sebuah frekuensi dapat mempengaruhi kecepatan putaran motor induksi, yang berarti dengan memainkan frekuensi dapat merubah putaran motor induksi.

H. Pulse Width Modulation

Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu periode, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Pertama tegangan bolak-balik dikonversi menjadi searah, dibutuhkan penyearah untuk bisa melakukannya. Penyearah yang digunakan adalah penyearah tidak terkendali (*rectifier*). Setelah tegangan sudah diubah menjadi searah maka diperlukan perbaikan kualitas tegangan searah dengan menggunakan tandon kapasitor sebagai perata tegangan. Kemudian tegangan searah diubah menjadi tegangan bolak-balik kembali oleh *inverter* dengan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*).



Gambar 1. PWM drive basic schematic

I. Rectifier

Rectifier (Penyearah Gelombang) merupakan suatu bagian berfungsi sebagai pengubah sinyal AC (*Alternating Current*) menjadi sinyal DC (*Direct Current*). Komponen utama pada rangkaian *rectifier* atau penyearah gelombang adalah *diode*. *Rectifier* akan mengubah tegangan bolak-balik tiga fasa menjadi tegangan searah. Nilai tegangan searah yang dihasilkan adalah 1.35 kali tegangan inputnya, misal: 480VAC maka dihasilkan 650 VDC.

J. DC Link

Kapasitor bekerja dengan penyearah dan bertindak sebagai penyimpanan tegangan. Tegangan DC yang telah disaring pada *DC Link* kemudian dimasukkan kebagian *inverter*.

K. Inverter

Inverter adalah suatu alat yang berfungsi untuk merubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC) dengan menggunakan metode *switching* dengan frekuensi yang dapat diatur dengan IGBT. IGBT memiliki kemampuan penyaklaran yang sangat tinggi hingga ribuan kali per detik dimana dapat aktif kurang dari 400 nano detik dan mati dalam waktu 500 nano detik. IGBT dibangun oleh sebuah *gate*, *kolektor*, dan *emitter*. Saat *gate* diberikan tegangan positif dari *control logic* (biasanya +15VDC), arus akan mengalir melalui *collector* dan *emitter*.

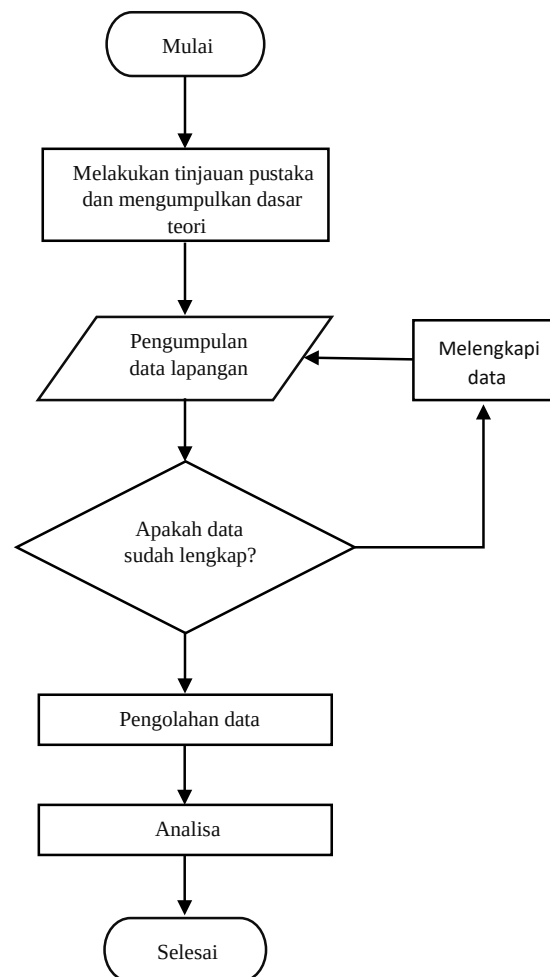
IGBT akan mati saat tegangan positif dihilangkan dari *gate*. Selama kondisi mati, tegangan *gate* IGBT akan ditahan pada nilai tegangan negatif yang kecil sekitar -15V VDC untuk mencegah agar tidak hidup dengan sendirinya.

III. METODELOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi

Proses pengambilan data *Variable Speed Drive* ATV 61 sebagai pengendali kecepatan putaran motor induksi tiga fasa yang berperan sebagai *feeding pump* dilakukan pada Mei 2019 sampai dengan Juni 2019 dan dilaksanakan di PLTGU Tanjung Batu yang berlokasi di Jalan Raya Tj. Batu, Tenggara Seberang, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur

B. Desain Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

C. Data

Data-data yang diperoleh antara lain adalah data motor induksi tiga fasa yang digunakan, data *Variable Speed Drive* (VSD), dan data aktual motor induksi tiga fasa yang dikendalikan VSD. Ketiganya ditunjukkan dalam tabel-tabel berikut.

TABEL 1
SPESIFIKASI MOTOR INDUKSI TIGA FASA *WESTERN ELECTRIC* 10 160M2-2

Spesifikasi Motor Induksi Tiga Fasa <i>Western Electric</i> 10 160M2-2	
Operating Data	Rated Point
Output (kW/HP)	15/20
Voltage Δ / Y (V)	380/660
Load Current Δ / Y (A)	28.7/16.5
Power Factor	0.89
Frequency (Hz)	50
Efficiency (%)	89
Speed (r/min)	2920
Pole	2
Ingress Protection Rating	IP55
Wight (Kg)	107
Type	10 160M2-2

TABEL 2
SPESIFIKASI VARIABLE SPEED DRIVE ALTIVAR 61

Sumber	Input Tegangan	380...480 V 50/60 Hz
Motor	Daya Maksimal Output (KW/HP)	18,5 /25
Line supply (input)	Maksimal Arus (380V/480V)	45,5A/37,5A
	Max. prospective line Isc	22 kA
	Apparent power	30,5 kVA
	Max. Inrush current	93.4A
Drive (output)	Max. available nominal current In (280V/460V)	41A/34A
	Max. Transient current for 60 s	49,2A

TABEL 3
DATA AKTUAL MOTOR INDUKSI SETELAH DIKENDALIKAN VSD

No	Hari/Tanggal	Frekuensi Hz	Arus I	Tegangan V	RPM ns	RPM Nr
1	Senin, 6 Mei 2019	25	13.3	199	1500	1490
		35	13.8	274	2100	2090
		50	14.3	390	3000	2929
2	Selasa, 7 Mei 2019	25	12.6	198	1500	1490
		35	13.1	274.1	2100	2099
		50	13.8	389.1	3000	2930
3	Rabu, 8 Mei 2019	25	13.3	199	1500	1484
		35	13.8	275	2100	2090
		50	14.3	393	3000	2929
4	Kamis, 9 Mei 2019	25	13.3	199	1500	1490
		35	13.8	274.8	2100	2093
		50	14.3	390	3000	2929
5	Jumat, 10 Mei 2019	25	13.3	199	1500	1486
		35	13.8	276	2100	2090
		50	14.3	388.8	3000	2930
6	Senin, 20 Mei 2019	25	13.4	199	1500	1484
		35	13.7	279	2100	2090
		50	14.4	391.9	3000	2929
7	Selasa, 21 Mei 2019	25	13.7	197	1500	1484
		35	14.3	274	2100	2090
		50	14.7	390	3000	2939
8	Rabu, 22 Mei 2019	25	13.6	199	1500	1490
		35	13.9	275	2100	2093
		50	14.4	390	3000	2929
9	Kamis, 23 Mei 2019	25	13	200	1500	1491
		35	13.3	274.8	2100	2093
		50	14.1	390	3000	2929
10	Jumat, 24 Mei 2019	25	13.4	199	1500	1490
		35	13.8	275.3	2100	2092
		50	14.3	390	3000	2930

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengoperasian Variable Speed Drive ATV 61

Pengoperasian *Variable Speed Drive* ATV 61 yang di aplikasikan dengan motor induksi tiga fasa *Western Electric* 10 160M2-2 yang berfungsi sebagai pompa bahan bakar pada Tanjung Batu ialah menggunakan *Mode Remote*, yaitu untuk menjalankannya diperlukan *remote control* dari *Variable Speed Drive* tersebut sehingga dapat mengkontrolknya. Ketika baru dioperasikan operator mengatur frekuensi *Variable Speed Drive* sebesar 25 Hz dengan potensio meter dengan beban 2.3 kg/s sebagai *starting* awal selama beberapa menit sampai operator mendapatkan perintah selanjutnya dari ruang kontrol untuk merubah ke kecepatan sinkron menjadi 35 Hz dengan beban 2.4 kg/s selama beberapa waktu yang ditentukan (biasanya 5 jam) dari ruang kontrol. Selanjut setelah beberapa waktu maka operator akan mendapatkan perintah selanjutnya untuk merubah frekuensi *Variable Speed Drive* menjadi 50 Hz atau frekuensi maksimum dengan beban 2.5 kg/s dari motor induksi tersebut selama beberapa waktu (biasanya 3 jam). Lalu operator akan menurunkan frekuensi secara perlahan kemudian menghentikannya dengan menekan tombol *Stop* pada *Remote Control*.

B. Tabel Hasil Perhitungan Daya Masukkan Motor Induksi

TABEL 4
PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN DAYA MASUKKAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA *WESTERN ELECTRIC* 10 160M2-2 TANPA VSD DAN DENGAN VSD

No	Hari & Tanggal	Name Plate	Dengan VSD			
		50 Hz	25 Hz	35 Hz	50 Hz	
1	Senin, 6 Mei 2019	16.811 kW	4.079 kW	5.828 kW	8.597 Kw	
2	Selasa, 7 Mei 2019	16.811 kW	3.845 kW	5.535 kW	8.277 kW	
3	Rabu, 8 Mei 2019	16.811 kW	4.079 kW	5.845 kW	8.663 kW	
4	Kamis, 9 Mei 2019	16.811 kW	4.079 kW	5.845 kW	8.597 kW	
5	Jumat, 10 Mei 2019	16.811 kW	4.079 kW	5.871 kW	8.570 kW	
6	Senin, 20 Mei 2019	16.811 kW	4.110 kW	5.892 kW	8.699 kW	
7	Selasa, 21 Mei 2019	16.811 kW	4.160 kW	6.040 kW	8.837 kW	
8	Rabu, 22 Mei 2019	16.811 kW	4.171 kW	5.892 kW	8.657 kW	
9	Kamis, 23 Mei 2019	16.811 kW	4.007 kW	5.634 kW	8.476 kW	
10	Jumat, 24 Mei 2019	16.811 kW	4.110 kW	5.856 kW	8.597 kW	

C. Tabel Hasil Perhitungan Daya Keluaran Motor Induksi

TABEL 5
PERBANDINGAN DAYA KELUARAN MOTOR INDUKSI TIGA FASA
WESTERN ELECTRIC 10 160M2-2 TANPA VSD

No	Hari & Tanggal	Name Plate	Dengan VSD			
		50 Hz	25 Hz	35 Hz	50 Hz	50 Hz
1	Senin, 6 Mei 2019	14.962 kW	3.631 kW	5.187 kW	7.651 kW	
2	Selasa, 7 Mei 2019	14.962 kW	3.422 kW	4.926 kW	7.366 kW	
3	Rabu, 8 Mei 2019	14.962 kW	3.631 kW	5.206 kW	7.710 kW	
4	Kamis, 9 Mei 2019	14.962 kW	3.631 kW	5.202 kW	7.651 kW	
5	Jumat, 10 Mei 2019	14.962 kW	3.631 kW	5.225 kW	7.627 kW	
6	Senin, 20 Mei 2019	14.962 kW	3.658 kW	5.244 kW	7.742 kW	
7	Selasa, 21 Mei 2019	14.962 kW	3.702 kW	5.375 kW	7.865 kW	
8	Rabu, 22 Mei 2019	14.962 kW	3.713 kW	5.244 kW	7.704 kW	
9	Kamis, 23 Mei 2019	14.962 kW	3.567 kW	5.014 kW	7.658 kW	
10	Jumat, 24 Mei 2019	14.962 kW	3.658 kW	5.212 kW	7.651 kW	

D. Tabel Hasil Perhitungan Efisiensi Motor Induksi

TABEL 6
HASIL PERHITUNGAN NILAI EFISIENSI MOTOR INDUKSI DENGAN
FREKUENSI 23 HZ, 35 HZ DAN 50 HZ SELAMA 10 HARI.

No.	Hari & Tanggal	Efisiensi motor induksi		
		25 Hz	35 Hz	50 Hz
1	Senin, 6 Mei 2019	89.016 %	89.001 %	88.996 %
2	Selasa, 7 Mei 2019	88.998 %	88.997 %	89.543 %
3	Rabu, 8 Mei 2019	89.016 %	88.991 %	88.999 %
4	Kamis, 9 Mei 2019	89.016 %	88.999 %	88.996 %
5	Jumat, 10 Mei 2019	89.016 %	88.996 %	88.996 %
6	Senin, 20 Mei 2019	89.002 %	88.662 %	88.998 %
7	Selasa, 21 Mei 2019	88.990 %	88.990 %	89.000 %
8	Rabu, 22 Mei 2019	89.019 %	89.002 %	88.991 %
9	Kamis, 23 Mei 2019	89.019 %	88.995 %	90.349 %
10	Jumat, 24 Mei 2019	89.002 %	89.002 %	88.996 %

Dari hasil yang diperoleh dapat dilihat nilai dari efisiensi motor induksi tiap frekuensi yang berbeda selama 10 hari. Nilai yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan nilai yang tertera pada *name plate* yang berarti pengendalian motor induksi dengan VSD tidak mempengaruhi efisiensi dari motor tersebut.

D. Perhitungan Nilai Torsi Motor Induksi Tiga Fasa Western Electric 10 160M2-2 Yang Dikendalikan Dengan VSD

Untuk mengetahui besar nilai torsi motor induksi tiga fasa sebagai pompa yang dikendalikan VSD dengan frekuensi 25 Hz, 35 Hz dan 50 Hz dengan beban masing-masing 2.3 kg/s, 2.4 kg/s dan 2.5 kg/s. Maka dapat ditentukan berdasarkan dengan rumus (2). Rumus tersebut masih dalam satuan lb ft, sehingga untuk mengubah ke dalam satuan Nm, hasil dari perhitungan dikalikan dengan 1.356.

- Data yang digunakan untuk menghitung nilai torsi motor induksi tiga fasa yang dikendalikan VSD adalah data pada Tabel 3 (Senin, 6 Mei 2019) seperti berikut :

$$25 \text{ Hz} = 3.631 \text{ kW} \quad 35 \text{ Hz} = 5.187 \text{ kW} \\ 50 \text{ Hz} = 7.651 \text{ kW}$$

- Untuk mendapatkan nilai dengan satuan HP maka data diatas masing-masing dibagi dengan 746 (1 HP = 746 kW).

$$25 \text{ Hz} = 4.867 \text{ HP} \quad 35 \text{ Hz} = 6.953 \text{ HP} \\ 50 \text{ Hz} = 10.256 \text{ HP}$$

Nilai torsi untuk frekuensi 25 Hz

$$\tau = \frac{5250 \times HP}{n} \\ \tau = \frac{5250 \times 4.867}{1500} \\ \tau = 17.0345 \text{ lb ft} \times 1.356 = 23.09 \text{ Nm}$$

Nilai torsi untuk frekuensi 35 Hz

$$\tau = \frac{5250 \times HP}{n} \\ \tau = \frac{5250 \times 6.953}{2100} \\ \tau = 17.3825 \text{ lb ft} \times 1.356 = 23.57 \text{ Nm}$$

Nilai torsi untuk frekuensi 50 Hz

$$\tau = \frac{5250 \times HP}{n} \\ \tau = \frac{5250 \times 10.256}{3000} \\ \tau = 17.948 \text{ lb ft} \times 1.356 = 24.33 \text{ Nm}$$

- Menentukan daya keluaran motor induksi tiga fasa yang dikendalikan VSD berdasarkan nilai torsi, dengan rumus seperti berikut:

$$P = \tau \times \omega$$

Keterangan :

τ : Torsi

ω : Kecepatan sudut, $2. \pi. n/60$ (Rad/s)

Untuk frekuensi 25 Hz

$$P = \tau \times \omega$$

$$P = 23.09 \times 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{1500}{60}$$

$$P = 3.628 \text{ kW}$$

Untuk frekuensi 35 Hz

$$P = \tau \times \omega$$

$$P = 23.57 \times 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{2100}{60}$$

$$P = 5.185 \text{ kW}$$

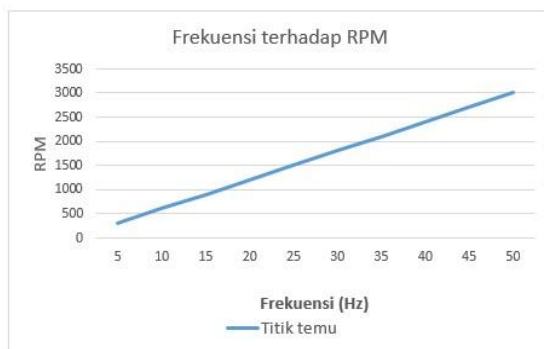
Untuk frekuensi 50 Hz

$$P = \tau \times \omega$$

$$P = 24.33 \times 2 \times \frac{22}{7} \times \frac{3000}{60}$$

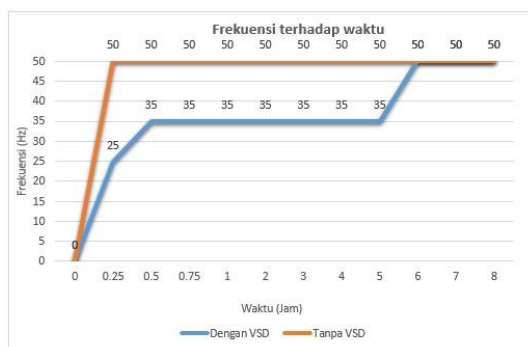
$$P = 7.646 \text{ kW}$$

Dari data torsi dan daya yang diperoleh maka dapat dilihat bahwa daya yang dibutuhkan motor induksi sebanding dengan besarnya torsi yang dihasilkan pada kecepatan tertentu.



Gambar 3. Grafik frekuensi terhadap RPM motor induksi

Dari grafik dalam [Gambar 3](#) dapat dilihat bahwa semakin besar nilai frekuensi tegangan yang diberikan pada motor induksi maka semakin cepat putaran motor induksi. Jika semakin kecil nilai frekuensi yang diberikan maka semakin lambat putaran motor induksi.



Gambar 4. Grafik frekuensi terhadap waktu kerja motor induksi

Dari grafik dalam [Gambar 4](#) tampak perbedaan antara pengendalian kecepatan motor induksi dengan VSD di PLTGU

Tanjung Batu dan tanpa VSD. Tanpa menggunakan VSD kecepatan putaran motor induksi tidak dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang diinginkan sehingga motor induksi akan selalu beroperasi pada kecepatan maksimalnya secara konstan. Dengan menggunakan VSD kecepatan putaran motor induksi dapat disesuaikan dengan kebutuhan yang diinginkan sehingga tidak akan selalu beroperasi pada kecepatan maksimalnya melainkan dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

Setelah melakukan perhitungan berdasarkan data dari *name plate* dan data berdasarkan hasil dari pengamatan yang telah dilakukan pada motor induksi tiga fasa *western electric* 10 160M2-2 di PLTGU Tanjung Batu maka didapatkan nilai dari daya masukan (*Watt*) yang berbeda.

- Berdasarkan perhitungan konsumsi daya (*Watt*) yang dibutuhkan dari data *name plate* motor induksi tiga fasa *western electric* 10 160M2-2 maka didapatkan nilai sebesar 16.811 kW.
- Sedangkan konsumsi daya (*Watt*) yang dibutuhkan motor induksi tiga fasa *western electric* 10 160M2-2 berdasarkan perhitungan dari data pengamatan yang telah dilakukan selama 10 hari adalah :

Untuk setiap frekuensi 25 Hz selama 10 hari

4.079 kW ; 3.845 kW ; 4.079 kW ; 4.079 kW ;
4.079 kW ; 4.110 kW ; 4.160 kW ; 4.171 kW ;
4.007 kW ; 4.110 kW (Bekerja selama 10 menit)

Untuk setiap frekuensi 35 Hz selama 10 hari

5.828 kW ; 5.535 kW ; 5.850 kW ; 5.845 kW ;
5.871 kW ; 5.892 kW ; 6.040 kW ; 5.892
kW ; 5.634 kW ; 5.856 kW (Bekerja selama
5 jam)

Untuk frekuensi 50 Hz diabaikan karena merupakan frekuensi jala-jala yaitu sebanding dengan frekuensi motor induksi tanpa dikendalikan dengan VSD. Maka dapat diketahui perbedaan konsumsi daya yang dibutuhkan motor induksi tiga fasa *western electric* 10 160M2-2 yang bekerja 8 jam sehari selama 10 hari.

- Tanpa menggunakan *Variable Speed Drive*
Total daya untuk frekuensi 50 Hz (konstan)
selama 10 hari
 $16.811 \text{ kW} \times 80 \text{ Jam} = \mathbf{1344.88 \text{ kWh}}$
- Dengan *Variable Speed Drive* ATV 61
 - Total daya untuk frekuensi 25 Hz selama 10 hari

$$40.719 \text{ kW} \times \frac{15 \text{ Menit}}{60 \text{ Menit}} = 10.179 \text{ kWh}$$

- Total daya untuk frekuensi 35 Hz selama 10 hari
 $58.243 \text{ kW} \times 5 \text{ Jam} = 291.215 \text{ kWh}$
Daya total :
 $10.179 \text{ kWh} + 291.215 \text{ kWh} = \mathbf{301.394 \text{ kWh}}$

Dapat diketahui daya yang dibutuhkan motor induksi tiga fasa *western electric* 10 160M2-2 tanpa dikendalikan *Variable*

Speed Drive ATV61 sebesar **1344.88 kWh**, sedangkan untuk konsumsi daya yang dibutuhkan motor induksi tiga fasa *western electric* 10 160M2-2 yang dikendalikan *Variable Speed Drive* ATV61 sebesar **559.313 kWh** yang berarti ada selisi antara kedua nilai tersebut sebesar :

Selisih nilai daya masukkan:

$$1344.88 \text{ kWh} - 559.313 \text{ kWh} = 785.567 \text{ kWh}$$

Atau jika dipersentasekan maka :

$$((1344.88 \text{ kWh} - 559.313 \text{ kWh}) \div 1344.88 \text{ kWh}) \times 100\% = 58.411\%$$

Adanya selisih antara nilai dari daya masukkan motor induksi tiga fasa *western electric* 10 160M2-2 yang dikendalikan dengan *Variable Speed Drive* ATV61 dan tanpa dikendalikan *Variable Speed Drive* ATV61 menunjukan bahwa telah terjadi penghematan konsumsi daya (*Watt*).

V. PENUTUP

A. Simpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perubahan frekuensi yang diperoleh dari *Variable Speed Drive* ATV 61 pada PLTGU Tanjung Batu menghasilkan perubahan putaran motor induksi tiga fasa *Western Electric* 10 160M2-2. Semakin besar nilai frekuensinya maka semakin cepat putaran yang dihasilkan motor induksi, semakin kecil nilai frekuensinya maka kecepatan putaran yang dihasilkan motor induksi akan menurun.
2. Pengoperasian motor induksi tiga fasa *Western Electric* 10 160M2-2 yang dikendalikan *Variable Speed Drive* ATV 61 di PLTGU masih dilakukan secara manual atau masih dilakukan oleh operator untuk mengoperasikannya.
3. Penggunaan *Variable Speed Drive* ATV 61 pada motor induksi tiga fasa *Western Electric* 10 160M2-2 di PLTGU Tanjung Batu terbukti menghasilkan penghematan energi hingga 77.589%.

B. Saran

Pada PLTGU Tanjung Batu *Variable Speed Drive* digunakan tanpa menggunakan *controller* melainkan hanya dengan menggunakan kontrol konvensional atau masih secara *manual* maka peran operator sangat diperlukan untuk mengoperasikannya dengan cara langsung berada di lapangan sehingga dapat melaksanakan perintah sesuai permintaan. Sebaiknya digunakan aplikasi PLC, dengan penerapan PLC dalam *control* motor induksi yang menggunakan VSD maka sistem kontrol menjadi otomatis dan dapat dikontrol *via local station* maupun *remote area*.

REFERENSI

- [1] A. Atmam, A. Tanjung, dan Z. Zulfahri, "Analisis penggunaan energi listrik motor induksi tiga fasa menggunakan variable speed drive (VSD)," *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, vol. 2 no. 2, pp. 52-59, Juni 2018,
- [2] B. P. Hartono dan E. Nurcahyo, "Analisis hemat energi pada inverter sebagai pengatur kecepatan motor induksi 3 fasa," *Elektrika*, vol. 1, no. 1, September 2017.
- [3] E. A. Nugroho, "implementasi sistem kendali variable speed drive pada inverter 3 fasa menggunakan mikrokontroler AT89S52," *Jurnal Simetris*, vol. 9, no. 1, April 2018.
- [4] N. Evalina, A. Aziz H, dan Z. Zulfikar, "Pengaturan kecepatan putaran motor induksi 3 fasa menggunakan programmable logic controller," *Journal of Electrical Technology*, Juni 2018.
- [5] A. H. Irawan, D. C. Riawan, dan T. Yuwono, "Penghematan energi pada kompresor menggunakan variable speed drive (VSD)," *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 1, no. 1, pp. 1-5, 2013.
- [6] S. Sudibyo, P. M. Khairul, A. Rosa, dan A. Herawati, "Analisis efisiensi motor induksi pada kondisi tegangan non rating dengan metode segregated loss," *Teknosia*, vol. 2, no. 2, September 2016.
- [7] R. Berlianti, "Analisis motor induksi fasa tiga tipe rotor sangkar sebagai generator induksi dengan variasi hubungan kapasitor untuk eksitasi," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, Maret 2015.
- [8] M. S. I. Abdillah dan E. A. Zuliari, "Analisa kinerja motor induksi 3 fasa pada pompa sentrifugal di Fave Hotel Rungkut Surabaya," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi terapan*, ITATS, 2018.