

## KONSUMSI ENERGI LISTRIK TERHADAP PERUBAHAN KECEPATAN MOTOR INDUKSI TIGA PHASA

Atmam<sup>1</sup>, Elvira Zondra<sup>2</sup>, Hazra Yuvendius<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning  
Jl. Yos Sudarso km. 8 Rumbai, Pekanbaru, Telp. (0761) 52324

Email : atmam@unilak.ac.id, elviraz@unilak.ac.id, hazra\_yuvendius@unilak.ac.id

### ABSTRAK

Motor induksi umumnya memiliki konstruksi sederhana, mudah dioperasikan, relatif lebih murah dalam perawatannya sehingga banyak digunakan di industri dan rumah tangga. Mesin listrik berupa motor induksi dilihat dari sumber tegangan salah satunya adalah jenis motor induksi tiga fasa. Motor induksi tiga fasa sering digunakan sebagai penggerak peralatan dengan kecepatan penuh atau kecepatan relatif konstan. Kecepatan motor induksi tiga fasa umumnya dapat dikendalikan yang salah satunya dengan pengaturan tegangan. Pengaturan atau pengendalian tegangan variabel pada motor induksi tiga fasa untuk memperoleh kecepatan yang berubah, dapat diperoleh dengan menggunakan *ac voltage regulator* tiga fasa. Perubahan sumber tegangan masukan yang variabel pada motor induksi tiga fasa akan mempengaruhi parameter motor induksi tiga fasa termasuk juga konsumsi atau penggunaan energi listrik. Dari hasil penelitian ini diperoleh konsumsi energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan bintang tanpa beban dengan kecepatan 3000 rpm lebih tinggi sebesar 0,079 kWh (48%) atau Rp. 51,376 selama satu jam dibanding dengan kecepatan 2570 rpm, motor induksi tiga fasa hubungan bintang berbeban dengan kecepatan 2570 konsumsi energi listriknya lebih tinggi sebesar 0,124 kWh (22%) atau Rp. 167,648 dibanding kecepatan 3000 rpm, konsumsi energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan delta tanpa beban dengan kecepatan 2570 rpm lebih tinggi sebesar 0,065 kWh (23%) atau Rp. 87,88 dibanding kecepatan 3000 rpm dan motor induksi tiga fasa hubungan delta berbeban dengan kecepatan 2570 konsumsi energi listriknya lebih tinggi sebesar 0,551 kWh (56%) atau Rp. 744,952 dibandingkan kecepatan 300 rpm.

**Kata Kunci:** Motor induksi tiga fasa, *ac voltage regulator*, energi listrik

### ABSTRACT

*Induction motors generally have a simple construction, easy to operate, relatively cheaper in maintenance so it is widely used in industry and households. Electric machines in the form of induction motors can be seen from the voltage source, one of which is a type of three-phase induction motor. Three-phase induction motor is often used as a drive of equipment with full speed or relatively constant speed. The speed of a three-phase induction motor can generally be controlled, one of which is by regulating the voltage. Adjustment or control of variable voltage on a three-phase induction motor to obtain a changing speed, can be obtained by using a three-phase ac voltage regulator. Changes in the variable input voltage source on a three-phase induction motor will affect the parameters of a three-phase induction motor including the consumption or use of electrical energy. From the results of this study, the electrical energy consumption of three phase induction motors of stars without load with a speed of 3000 rpm was higher by 0.079 kWh (48%) or Rp. 51,376 for an hour compared to the speed of 2570 rpm, the three-phase induction motor with star-loaded connections with a speed of 2570 has higher electrical energy consumption of 0.124 kWh (22%) or Rp. 167,648 compared to the speed of 3000 rpm, the electrical energy consumption of a three-phase induction motor without delta load with a speed of 2570 rpm is higher by 0.065 kWh (23%) or Rp. 87.88 compared to the speed of 3000 rpm and a three-phase induction motor with a delta load with a speed of 2570 the electricity consumption is higher by 0.551 kWh (56%) or Rp. 744,952 compared to the speed of 300 rpm.*

**Keywords:** *Three phase induction motor, AC voltage regulator, electrical energy*

### 1. PENDAHULUAN

Motor induksi umumnya memiliki konstruksi sederhana, mudah dioperasikan, relatif lebih murah dalam perawatannya sehingga banyak digunakan di industri dan rumah tangga. Diperkirakan lebih dari

50% energi listrik dunia yang dihasilkan dikonsumsi oleh mesin listrik [1].

Mesin listrik yang berupa motor induksi dilihat dari sumber tegangan yang diberikan salah satunya adalah jenis motor induksi tiga fasa. Motor induksi tiga fasa sering digunakan sebagai

penggerak peralatan dengan kecepatan penuh atau kecepatan relatif konstan. Konsumsi daya pada motor induksi dengan kecepatan konstan lebih besar dan hal tersebut dapat menyebabkan pemborosan energi listrik. Selanjutnya [2] melakukan percobaan apabila terjadi perubahan beban, akan terjadi perubahan kecepatan, untuk itu kecepatan harus dikendalikan.

Kecepatan motor induksi tiga fasa umumnya dapat dikendalikan yang salah satunya dengan pengaturan tegangan. Pengaturan atau pengendalian tegangan variabel yang diberikan pada motor induksi tiga fasa untuk memperoleh kecepatan yang variabel dapat diperoleh dengan menggunakan *ac voltage regulator* tiga fasa. Perubahan sumber tegangan masukan yang variabel pada motor induksi tiga fasa akan mempengaruhi parameter motor induksi tiga fasa termasuk juga konsumsi atau penggunaan energi listrik.

Dari uraian di atas, maka untuk melihat konsumsi atau penggunaan energi listrik terhadap perubahan kecepatan motor induksi tiga fasa maka perlu dilakukan penelitian. Pada penelitian ini, untuk menganalisa konsumsi atau penggunaan energi listrik pada motor induksi tiga fasa yaitu motor induksi dalam hubungan bintang dan delta saat tanpa beban dan berbeban menggunakan *ac voltage regulator* tiga fasa sebagai pengaturan tegangan yang diberikan kepada motor induksi tiga fasa.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

### 1. Metode pengumpulan data

Metode yang digunakan pada proses pengumpulan data yaitu metode *eksperiment* yaitu dari objek yang diteliti yaitu motor induksi tiga fasa 1 HP, 220/380 Volt, 50 Hz, 3000 rpm untuk mendapatkan data-data seperti kecepatan, tegangan, arus, daya,  $\cos \phi$  dan energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan bintang dan delta

### 2. Metode Pengolahan data

Dari data yang diperoleh dari percobaan dan pengukuran motor induksi tiga fasa hubungan bintang dan delta menggunakan *AC Voltage regulator* tiga fasa, data-data tersebut digunakan untuk menghitung penggunaan energi listrik.

### 3. Analisis data

Dari data yang telah diolah selanjutnya dilakukan analisa data untuk mendapat nilai daya dan energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan bintang dan delta serta penggunaan energi listrik saat perubahan kecepatan motor induksi tiga fasa hubungan bintang dan delta tanpa beban dan berbeban dan hasilnya dibandingkan.

Umumnya motor induksi dikenal ada dua macam berdasarkan jumlah fasa yang digunakan, yaitu: motor induksi satu fasa dan motor induksi tiga fasa. Sesuai dengan namanya motor induksi satu fasa dirancang untuk beroperasi menggunakan suplai tegangan satu fasa dan motor induksi tiga fasa dengan suplai tegangan tiga fasa. Motor induksi sering digunakan sebagai penggerak pada peralatan dengan kecepatan yang relatif konstan. Hal ini disebabkan karena motor induksi satu fasa memiliki beberapa kelebihan yaitu konstruksi yang cukup sederhana, kecepatan putar yang hampir konstan terhadap perubahan beban [3]. Motor induksi (IM) banyak digunakan dalam banyak aplikasi, biaya rendah, torsi yang baik, dan tahan [4].

Beberapa cara untuk mengendalikan kecepatan putar motor induksi tersebut di antaranya 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. Sehingga dengan cara kendali ini, torsi yang dihasilkan dapat dijaga konstan sepanjang daerah pengaturan kecepatan. Hal yang paling umum dalam penerapan cara ini adalah dengan menggunakan perangkat yang dikenal sebagai inverter [5].

Kebutuhan akan kecepatan variabel motor induksi ac muncul dalam aplikasi industri tertentu dan ini seringkali sulit dicapai karena motor induksi memiliki kecepatan tetap. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa untuk mencapai kontrol kecepatan motor induksi dari nol ke kecepatan nominal dengan memvariasikan frekuensi tegangan ac yang diberikan dengan menggunakan metode modulasi lebar pulsa [6].

Untuk penelitian selanjutnya [7], peneliti melakukan penelitian bahwa peralatan pada umumnya selalu beroperasi pada harga tegangan listrik nominal atau tegangan penuh misalkan 220 volt perfasa atau 380 volt tiga fasa. Pada kondisi ini apabila motor tidak berbeban penuh misalkan setengah dari beban penuhnya, maka akan terjadi pemborosan pemakaian energi listrik, terlebih lagi jika motor tidak diberi beban mekanik pada porosnya.

### Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa adalah mesin listrik yang bekerja berdasarkan adanya interaksi antara induksi elektromagnetik medan putar yang ditimbulkan oleh arus tiga fasa dan arus yang di induksikan dari rangkaian stator. Bila stator dihubungkan dengan tegangan jala-jala tiga fasa, besar fluksi pada kutub-kutub setiap fasa selalu berubah sesuai fungsi waktu dan menghasilkan fluksi total yang bergerak mengelilingi stator dalam arah radial. Motor induksi pada dasarnya terdiri dari dua

bagian utama yaitu bagian yang berputar (*rotor*) dan bagian yang diam (*stator*).

Pada saat bagian *stator* diberi tegangan maka akan timbul fluks yang konstan dan berputar, fluks ini melalui celah udara memotong permukaan *rotor* dan batang-batang *rotor* yang masih dalam keadaan diam. Fluks yang berputar ini disebut medan putar dengan kecepatan sinkron maka berlaku persamaan :

$$n_s = \frac{120 \times f}{P} \quad (1)$$

Keterangan :

$n_s$  = Kecepatan medan putar stator (rpm)

$f$  = Frekuensi jala-jala (Hz)

$P$  = Jumlah kutub

Karena kecepatan relatif antara fluks yang berputar dengan batang konduktor yang diam maka batang *rotor* akan terinduksi suatu emf. Karena batang-batang *rotor* membuat rangkaian tertutup maka ada arus yang mengalir. Interaksi antara medan putar dan arus yang mengalir menimbulkan gaya dan menyebabkan *rotor* berputar dengan arah yang sama seperti medan putar *stator*, seolah-olah mengikuti medan putar tersebut. Pada kenyataannya, *rotor* tidak akan dapat mengikuti kecepatan medan putar. Kalau *rotor* dapat berputar sama seperti kecepatan medan *stator* maka kecepatan relatif diantara keduanya adalah nol akibatnya emf yang di induksikan adalah nol sehingga tidak ada arus yang mengalir di *rotor* dan tidak ada torsi yang dihasilkan. Oleh sebab itu *rotor* selalu berputar pada kecepatan yang lebih kecil dari *stator*. Hubungan kecepatan *rotor* dan *stator* dinyatakan sebagai slip dan ditulis dengan persamaan:

$$s = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s} \quad (2)$$

dengan  $s$  : slip dan  $\omega_s, \omega_r$  : kecepatan putar stator, rotor.

### Tegangan Induksi Motor

Gerak relatif dari fluks terhadap penghantar rotor mengimbaskan tegangan dengan frekuensi sebesar  $sf$ , yang disebut frekuensi rotor. Jadi, karakter secara kelistrikan suatu motor induksi mirip dengan karakter transformator tetapi dengan sifat tambahan berupa perubahan frekuensi pada bagian rotor. Oleh karena itu medan rotor dan stator satu terhadap yang lain tetap, suatu torsi konstan dihasilkan dan putaran terpelihara. Suatu motor yang apabila mempunyai putaran yang dihasilkan dari proses induksi tegangan maka motor tersebut disebut motor induksi. Karena motor jenis ini mempunyai kecepatan mekanis  $n$  yang tidak sama dengan kecepatan serempak maka bisa disebut pula sebagai motor tak-serempak atau *asynchronous motor*.

Tegangan induksi pada motor terjadi bagian stator dan bagian rotor seperti dijelaskan berikut.

### Tegangan Induksi Pada Kumputaran Stator

Tegangan induksi yang dibangkitkan dalam kumputaran stator dinyatakan dengan persamaan [8] :

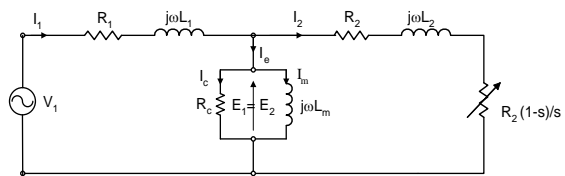
$$E_s = 4,44k_p k_b N_s f_s \Phi_d \quad (3)$$

$\Phi_d$  adalah fluks magnet,  $f_s$  frekuensi stator,  $k_p$  faktor kisar kumputaran stator (*pitch factor*), dan  $k_b$  faktor distribusi kumputaran stator (*breath factor*)

### Rangkaian Ekuivalen Motor Induksi

Motor induksi ini terdiri dari bagian stator dan bagian rotor. Untuk mempermudah analisis motor induksi dalam kondisi *steady-state* diperlukan rangkaian ekuivalen yang dapat mewakili bagian-bagian motor tersebut secara kelistrikan. Rangkaian ekuivalen motor induksi dengan suplai tegangan sinusoidal seperti pada gambar 1.

Gambar 1. Rangkaian ekuivalen motor induksi suplai tegangan sinusoidal



Persamaan tegangan dan arus dari rangkaian gambar 2.1. adalah :

$$V_1 = E_1 + I_1 R_1 + jI_1 \omega L_1 \quad (11)$$

$$E_{20} = I_2 \frac{R_2}{s} + jI_2 \omega L_2 \quad (12)$$

$$I_1 = I_e + I_2 = I_m + I_c + I_2 \quad (13)$$

Dengan  $V_1$  = tegangan terminal sisi stator,  $E_1$ = tegangan induksi pada kumputaran stator,  $I_1$ = arus stator,  $I_2$ = arus rotor,  $I_m$ = arus magnetisasi,  $I_c$ = arus untuk mengimbangi rugi besi,  $R_1$ = tahanan kumputaran stator, dan  $R_2$ = tahanan kumputaran rotor.

### Energi dan Daya Listrik

Energi listrik merupakan sejumlah daya listrik yang digunakan atau diserap selama waktu tertentu dan energi listrik diukur dengan menggunakan alat ukur listrik disebut dengan wattjam meter atau kWh meter atau MWh meter. Satuan energi listrik antara lain : watt detik, wattjam, kilo Watt jam (kWh), Mega Watt jam (MWh). Energi listrik dapat dituliskan dengan persamaan :

$$W = P \times t \quad (14)$$

Keterangan:

$W$  = Energi Listrik (Wh)

$P$  = daya (Watt)

$t$  = waktu

Daya adalah suatu gaya yang menyebabkan sesuatu benda dapat bergerak atau jumlah kerja yang dapat dilakukan dalam satuan waktu dan diberi

dengan satuan watt atau *Joule*/detik. 1 Watt sama dengan 1 *Joule*/detik adalah jumlah kerja yang dilakukan oleh muatan 1 *Coulomb* yang mengalir melalui perbedaan potensial 1 volt dalam setiap detik atau sebagai daya yang digunakan bila 1 ampere arus mengalir melalui perbedaan potensial 1 Volt. Dalam ilmu mekanik untuk satuan daya biasanya menggunakan istilah *horse power* (hp), dimana 1 Hp setara dengan 746 watt dan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P = V \times I \quad (15)$$

Keterangan:

$P$  = daya (Watt)

$V$  = tegangan (Volt)

$I$  = arus (Amper)

Perhitungan daya pada motor induksi tiga fase dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \quad (16)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data motor induksi tiga fase dari data *name plate* yang diteliti adalah sebagai berikut :

Daya Motor : 1 HP (0,75 kW)  
 Jumlah Kutub : 2  
 Frekuensi : 50 Hz  
 Tegangan :  $\Delta$  220 / Y 380 Volt  
 Putaran : 2800 rpm  
 Arus :  $\Delta$  3,11/ Y 1,80 Amper

Pada penelitian ini, pengujian motor induksi tiga fase dilakukan dengan kumparan stator

Tabel 1. Hasil pengukuran tegangan, arus, daya, faktor daya, energi listrik dan kecepatan putar rotor motor induksi hubungan bintang tanpa beban.

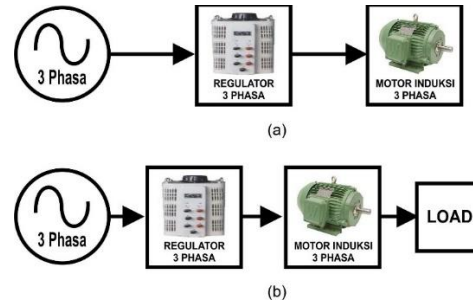
Tanggal	Waktu	Kecepatan (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Cos phi	Total Daya (P) (kW)	Total Energi Listrik (kWh)
13/04/2019	15:38:50 s/d 16:38:50	3000	380	0,97	0,12	0,076	0,079
14/04/2019	08:22:49 s/d 09:22:49	2570	50	0,54	0,81	0,039	0,041

Tabel 2. Hasil pengukuran tegangan, arus, daya, faktor daya, energi listrik dan kecepatan putar rotor motor induksi hubungan bintang berbeban.

Tanggal	Waktu	Kecepatan (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Cos phi	Total Daya (P) (kW)	Total Energi Listrik (kWh)
25/06/2019	09:06:19 s/d 10:06:19	3000	380	0,90	0,74	0,403	0,423
25/06/2019	10:27:08 s/d 11:27:08	2570	70	0,58	0,97	0,049	0,547

Pengambilan data berikutnya melalui percobaan dan pengukuran tegangan, arus, daya, faktor daya, energi listrik dan kecepatan putar rotor motor induksi tiga fase dengan kumparan hubungan delta tanpa beban seperti pada tabel 3.

hubungan bintang dan delta tanpa beban dan berbeban dengan kecepatan motor induksi yang berubah atau variabel dengan suplai tegangan yang diperoleh dari pengaturan tegangan input menggunakan *regulator AC* tiga fase. Berikut adalah model motor induksi tiga fase yang dilakukan pada penelitian ini seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram penelitian pengoperasian motor induksi tiga fase (a) Motor induksi tanpa beban (b) Motor induksi berbeban

Pada proses penelitian ini dilakukan pengambilan data melalui percobaan dan pengukuran tegangan, arus, daya, faktor daya, energi listrik dan kecepatan putar rotor motor induksi tiga fase dengan kumparan hubungan bintang tanpa beban seperti pada tabel 1. Data selanjutnya berupa hasil pengukuran motor induksi tiga fase dengan kumparan hubungan bintang berbeban seperti pada tabel 2.

Hasil pengukuran motor induksi tiga fase dengan kumparan hubungan delta berbeban diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 3. Hasil pengukuran tegangan, arus, daya, faktor daya, energi listrik dan kecepatan putar rotor motor induksi hubungan delta tanpa beban.

Tanggal	Waktu	Kecepatan (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Cos phi	Total Daya (P) (kW)	Total Energi Listrik (kWh)
14/04/2019	11:33:56 s/d 12:33:56	3000	216,167	1,563	0,12	0,072	0,206
14/04/2019	12:57:36 s/d 13:57:36	2570	29,7	0,866	0,75	0,038	0,271

Tabel 4. Hasil pengukuran tegangan, arus, daya, faktor daya, energi listrik dan kecepatan putar rotor motor induksi hubungan delta berbeban.

Tanggal	Waktu	Kecepatan (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Amper)	Cos phi	Total Daya (P) (kW)	Total Energi Listrik (kWh)
26/06/2019	09:47:08 s/d 10:47:08	3000	220	1,58	0,71	0,397	0,428
26/06/2019	12:31:36 s/d 13:31:36	2570	40	1,448	0,78	0,024	0,979

**1. Daya dan energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan bintang tanpa beban.**

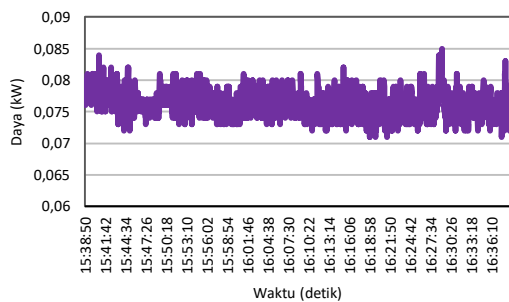
Daya dan pemakaian energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan bintang tanpa beban dengan kecepatan 3000 rpm dapat dihitung dengan menggunakan data pada tabel 1 dan hasilnya sebagai berikut :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos}\phi = 0,076 \text{ kW}$$

Pemakaian energi listrik selama 1 (satu) jam sebagai berikut :

$$W = 0,076 \text{ kW} \times 1 \text{ jam} = 0,076 \text{ kWh}$$

Terjadi perbedaan hasil perhitungan energi listrik yang tidak begitu jauh yaitu sebesar 0,003 kWh bila melihat hasil pengukuran atau data pada tabel 1. Hasil pengukuran daya motor induksi tiga fasa hubungan bintang tanpa beban dengan kecepatan 3000 rpm selama 1 jam dapat diperoleh bentuk grafik daya seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik daya motor induksi tiga fasa hubungan bintang dengan kecepatan 3000 rpm tanpa beban

Dari Gambar 2, motor induksi tiga fasa dioperasikan selama 1 (satu) jam dengan kecepatan 3000 rpm dan daya yang terjadi berfluktuatif yang disebabkan oleh perubahan tegangan input yang diberikan pada motor induksi tiga fasa hubungan bintang tanpa beban. Hubungan antara pemakaian energi listrik dari motor induksi tiga fasa hubungan bintang tanpa beban pada kecepatan 3000 rpm seperti pada gambar 3. Hal ini dimulai dari rentang waktu startingnya motor induksi tiga fasa, maka

pemakaian energi listrik terus meningkat dimana pada rentang waktu 1 (satu) jam konsumsi energi listrik sebesar 0,079 kWh.

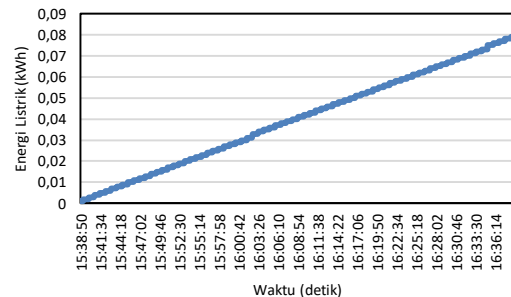
Daya dan pemakaian energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan bintang tanpa beban dengan kecepatan 2570 rpm dapat dihitung dengan menggunakan data pada tabel 1 dan hasilnya sebagai berikut :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \text{Cos}\phi = 0,037 \text{ kW}$$

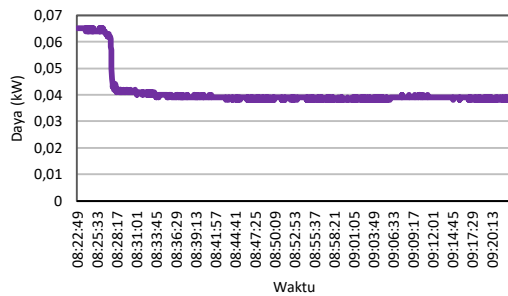
Selisih hasil perhitungan daya yaitu sebesar 0,002 kW bila melihat hasil pengukuran atau data pada tabel 1. Pemakaian energi listrik selama 1 (satu) jam sebagai berikut :

$$W = 0,037 \text{ kW} \times 1 \text{ jam} = 0,037 \text{ kWh}$$

Terjadi perbedaan hasil perhitungan energi listrik yang tidak begitu jauh yaitu sebesar 0,004 kWh bila melihat hasil pengukuran atau data pada tabel 1. Hasil pengukuran daya motor induksi tiga fasa hubungan bintang tanpa beban berikutnya dilakukan dengan mengatur kecepatan motor induksi tiga fasa tanpa beban dengan kecepatan 2570 rpm selama 1 jam dapat diperoleh bentuk grafik daya seperti pada gambar 4.

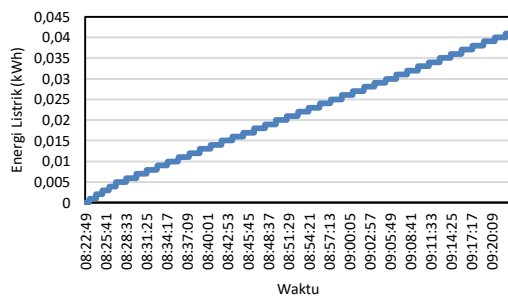


Gambar 3. Grafik pemakaian energi listrik pada motor induksi tiga fasa hubungan bintang dengan kecepatan 3000 rpm tanpa beban



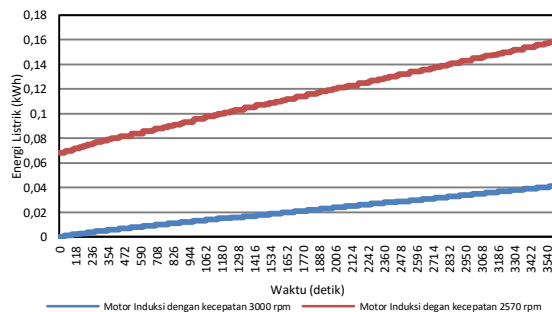
Gambar 4. Grafik daya motor induksi tiga fase hubungan bintang dengan kecepatan 2570 rpm tanpa beban

Selanjutnya hubungan antara pemakaian energi listrik dari motor induksi tiga fase hubungan bintang tanpa beban pada kecepatan 2570 rpm seperti pada gambar 5 dengan pemakaian energi listrik terus meningkat selama rentang waktu 1 (satu) jam dimana konsumsi energi listrik sebesar 0,041 kWh.



Gambar 5. Grafik pemakaian energi listrik pada motor induksi tiga fase hubungan bintang dengan kecepatan 2570 rpm tanpa beban

Bentuk grafik perbandingan penggunaan energi listrik motor induksi tiga fase hubungan bintang tanpa beban dengan perubahan kecepatan seperti pada gambar 6.

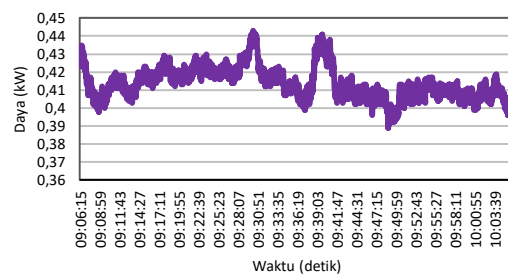


Gambar 6. Grafik perbandingan pemakaian energi listrik pada motor induksi tiga fase hubungan bintang tanpa beban dengan perubahan kecepatan

Dari gambar 6 terlihat bahwa penggunaan energi listrik motor induksi tiga fase hubungan bintang tanpa beban dengan perubahan kecepatan dari awal *starting* sampai beroperasi dalam waktu 1 jam, penggunaan energi listrik motor induksi dengan kecepatan 3000 rpm lebih tinggi sebesar 0,038 kWh (48%) dibandingkan dengan kecepatan motor induksi 2570 rpm.

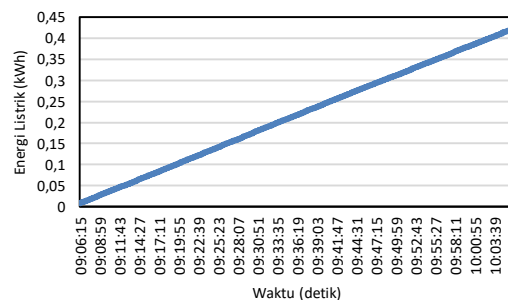
## 2. Daya dan energi listrik motor induksi tiga fase hubungan bintang berbeban.

Hasil pengukuran dan perhitungan berikutnya adalah daya motor induksi tiga fase hubungan bintang berbeban dengan kecepatan 3000 rpm selama 1 jam dan dapat diperoleh bentuk grafik daya seperti pada gambar 7.



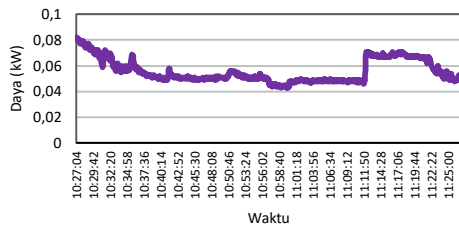
Gambar 7. Grafik daya motor induksi tiga fase hubungan bintang dengan kecepatan 3000 rpm berbeban

Dari Gambar 7 motor induksi tiga fase dioperasikan selama 1 (satu) jam dengan kecepatan 3000 rpm dan daya juga berfluktuatif yang disebabkan oleh perubahan tegangan input yang diberikan pada motor induksi tiga fase hubungan bintang berbeban. Hubungan antara pemakaian energi listrik dari motor induksi tiga fase hubungan bintang berbeban pada kecepatan 3000 rpm seperti pada gambar 8. Hal ini dimulai dari rentang waktu *startingnya* motor induksi tiga fase, maka pemakaian energi listrik terus meningkat dimana pada rentang waktu 1 (satu) jam konsumsi energi listrik sebesar 0,423 kWh.



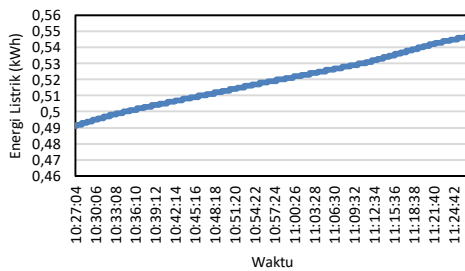
Gambar 8. Grafik pemakaian energi listrik pada motor induksi tiga fase hubungan bintang dengan kecepatan 3000 rpm berbeban

Hasil pengukuran daya motor induksi tiga fasa hubungan bintang berbeban berikutnya dilakukan dengan mengatur kecepatan motor induksi tiga fasa berbeban dengan kecepatan 2570 rpm selama 1 jam, diperoleh bentuk grafik daya seperti pada gambar 9.



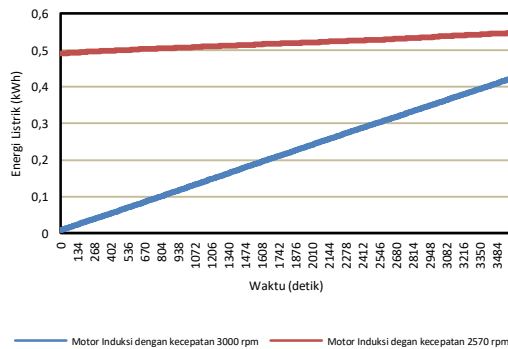
Gambar 9. Grafik daya motor induksi tiga fasa hubungan bintang dengan kecepatan 2570 rpm berbeban

Selanjutnya hubungan antara pemakaian energi listrik dari motor induksi tiga fasa hubungan bintang berbeban pada kecepatan 2570 rpm seperti pada gambar 10 dengan pemakaian energi listrik terus meningkat selama rentang waktu 1 (satu) jam dimana konsumsi energi listrik sebesar 0,547 kWh.



Gambar 10. Grafik pemakaian energi listrik pada motor induksi tiga fasa hubungan bintang dengan kecepatan 2570 rpm berbeban

Bentuk grafik perbandingan penggunaan energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan bintang berbeban dengan perubahan kecepatan seperti pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik perbandingan pemakaian energi listrik dengan perubahan kecepatan pada motor induksi tiga fasa hubungan bintang berbeban.

Dari gambar 11 terlihat bahwa penggunaan energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan bintang berbeban dengan perubahan kecepatan dari awal *starting* sampai beroperasi dalam waktu 1 jam, penggunaan energi listrik motor induksi dengan kecepatan 2570 rpm lebih tinggi sebesar 0,124 kWh (22%) dibandingkan dengan kecepatan motor induksi 3000 rpm.

### 3. Daya dan energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan delta tanpa beban.

Daya dan pemakaian energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan delta tanpa beban dengan kecepatan 3000 rpm dapat dihitung dengan menggunakan data pada tabel 3 dan hasilnya sebagai berikut :

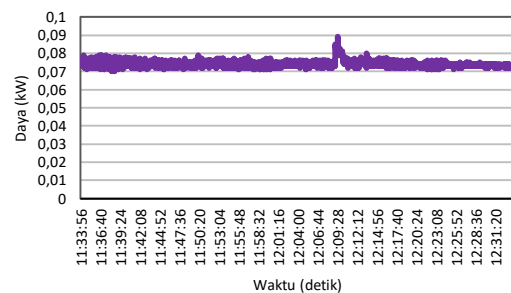
$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi = 0,070 \text{ kW}$$

Pemakaian energi listrik selama 1 (satu) jam sebagai berikut :

$$W = 0,070 \text{ kW} \times 1 \text{ jam} = 0,070 \text{ kWh}$$

Terjadi perbedaan hasil perhitungan energi listrik yang tidak begitu jauh yaitu sebesar 0,002 kWh bila melihat hasil pengukuran atau data pada tabel 3.

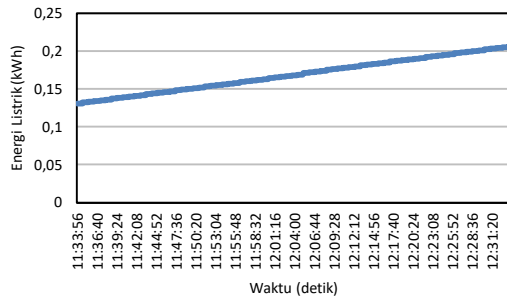
Bentuk grafik dari hasil pengukuran daya motor induksi tiga fasa hubungan delta tanpa beban dengan kecepatan 3000 rpm selama 1 jam seperti pada gambar 12. Pada Gambar 12, motor induksi tiga fasa dioperasikan selama 1 (satu) jam dengan kecepatan 3000 rpm dan daya yang terjadi berfluktuatif yang disebabkan oleh perubahan tegangan input yang diberikan pada motor induksi tiga fasa hubungan delta tanpa beban. Hubungan antara pemakaian energi listrik dari motor induksi tiga fasa hubungan delta tanpa beban pada kecepatan 3000 rpm seperti pada gambar 13. Kondisi ini dimulai dari waktu startingnya motor induksi tiga fasa, maka pemakaian energi listrik terus meningkat dimana pada rentang waktu 1 (satu) jam konsumsi energi listrik sebesar 0,206 kWh.



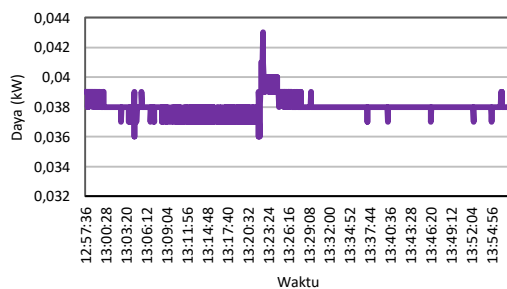
Gambar 12. Grafik daya motor induksi tiga fasa hubungan delta dengan kecepatan 3000 rpm tanpa beban

Bentuk berikutnya diperoleh dari hasil pengukuran daya motor induksi tiga fasa hubungan delta tanpa beban dengan mengatur kecepatan motor induksi tiga fasa tanpa beban dengan kecepatan

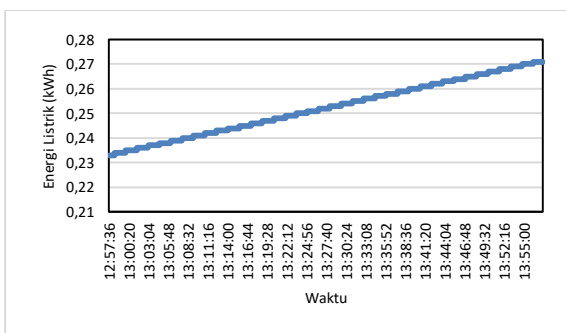
2570 rpm selama 1 jam seperti pada gambar 14. Hubungan antara pemakaian energi listrik dari motor induksi tiga fasa hubungan delta tanpa beban pada kecepatan 2570 rpm seperti pada gambar 15 dengan pemakaian energi listrik terus meningkat selama rentang waktu 1 (satu) jam dimana konsumsi energi listrik sebesar 0,271 kWh.



Gambar 13. Grafik pemakaian energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan delta dengan kecepatan 3000 rpm tanpa beban

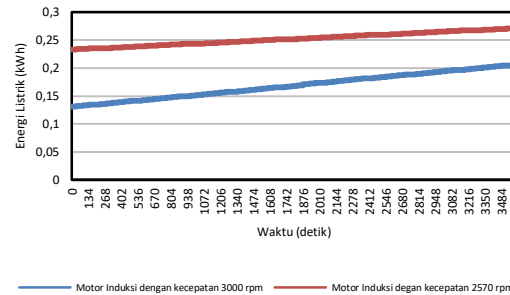


Gambar 14. Grafik daya motor induksi tiga fasa hubungan delta dengan kecepatan 2570 rpm tanpa beban



Gambar 15. Grafik pemakaian energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan delta dengan kecepatan 2570 rpm tanpa beban

Bentuk grafik perbandingan penggunaan energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan delta tanpa beban dengan perubahan kecepatan seperti pada gambar 16.



Gambar 16. Grafik perbandingan pemakaian energi listrik dengan perubahan kecepatan pada motor induksi tiga fasa hubungan delta tanpa beban.

Dari gambar 16 terlihat bahwa penggunaan energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan delta tanpa beban dengan perubahan kecepatan dari awal *starting* sampai beroperasi dalam waktu 1 jam penggunaan energi listrik motor induksi dengan kecepatan 2570 rpm lebih tinggi sebesar 0,065 kWh (23%) dibandingkan dengan kecepatan motor induksi 3000 rpm.

#### 4. Daya dan energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan delta berbeban.

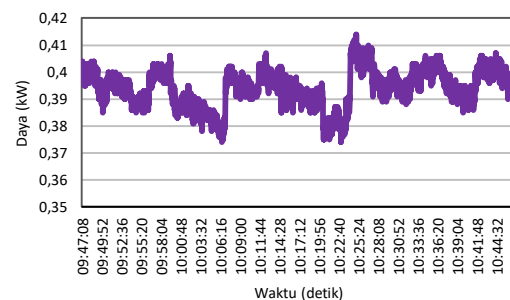
Daya dan pemakaian energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan delta berbeban dengan kecepatan 3000 rpm dapat dihitung dengan menggunakan data pada tabel 4 dan hasilnya sebagai berikut :

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi = 0,428 \text{ kW}$$

Pemakaian energi listrik selama 1 (satu) jam sebagai berikut :

$$W = 0,428 \text{ kW} \times 1 \text{ jam} = 0,429 \text{ kWh}$$

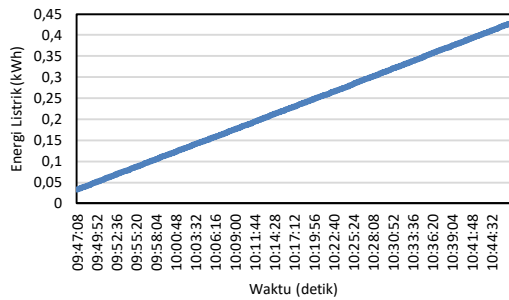
Hasil pengukuran dan perhitungan berikutnya adalah daya motor induksi tiga fasa hubungan delta berbeban dengan kecepatan 3000 rpm dengan tegangan suplai sebesar 220 Volt selama 1 jam dan dapat diperoleh bentuk grafik daya seperti pada gambar 17.



Gambar 17. Grafik daya motor induksi tiga fasa hubungan delta dengan kecepatan 3000 rpm berbeban

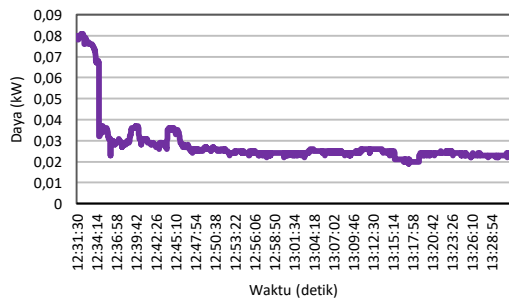


Dari Gambar 17 motor induksi tiga fase dioperasikan selama 1 (satu) jam dengan kecepatan 3000 rpm dan daya juga berfluktuatif yang disebabkan oleh perubahan tegangan input yang diberikan pada motor induksi tiga fase hubungan delta berbeban. Hubungan antara pemakaian energi listrik dari motor induksi tiga fase hubungan delta berbeban pada kecepatan 3000 rpm seperti pada gambar 18. Kondisi ini juga dimulai dari rentang waktu startingnya motor induksi tiga fase, maka pemakaian energi listrik terus meningkat dimana pada rentang waktu 1 (satu) jam konsumsi energi listrik sebesar 0,428 kWh.



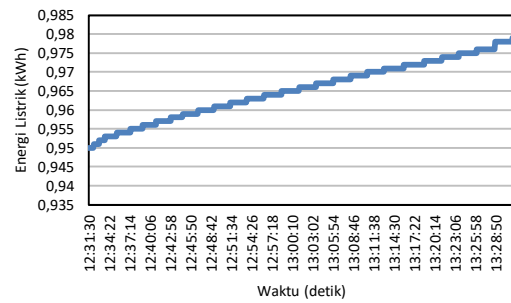
Gambar 18. Grafik pemakaian energi listrik motor induksi tiga fase hubungan delta dengan kecepatan 3000 rpm berbeban

Hasil pengukuran daya motor induksi tiga fase hubungan delta berbeban berikutnya juga dilakukan dengan mengatur kecepatan motor induksi tiga fase berbeban dengan kecepatan 2570 rpm selama 1 jam, diperoleh bentuk grafik daya seperti pada gambar 19.



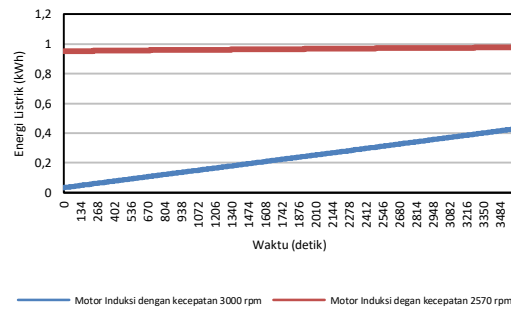
Gambar 19. Grafik daya motor induksi tiga fase hubungan delta dengan kecepatan 2570 rpm berbeban

Selanjutnya hubungan antara pemakaian energi listrik dari motor induksi tiga fase hubungan delta berbeban pada kecepatan 2570 rpm seperti pada gambar 20 dengan pemakaian energi listrik terus meningkat selama rentang waktu 1 (satu) jam dimana konsumsi energi listrik sebesar 0,979 kWh.



Gambar 20. Grafik pemakaian energi listrik motor induksi tiga fase hubungan delta dengan kecepatan 2570 rpm berbeban

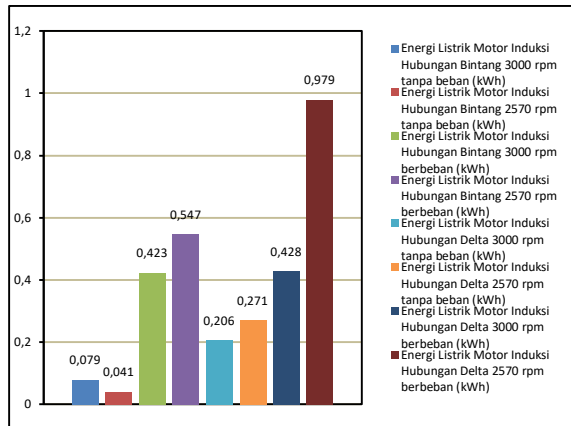
Bentuk grafik perbandingan penggunaan energi listrik motor induksi tiga fase hubungan delta berbeban dengan perubahan kecepatan seperti pada gambar 21.



Gambar 21. Grafik perbandingan pemakaian energi listrik dengan perubahan kecepatan pada motor induksi tiga fase hubungan delta berbeban.

Dari gambar 21 terlihat bahwa penggunaan energi listrik motor induksi tiga fase hubungan delta berbeban dengan perubahan kecepatan dari awal *starting* sampai beroperasi dalam waktu 1 jam, penggunaan energi listrik motor induksi dengan kecepatan 2570 rpm lebih tinggi sebesar 0,551 kWh (56%) dibandingkan dengan kecepatan motor induksi 3000 rpm.

Perbandingan penggunaan energi listrik dari motor induksi tiga fase dengan perubahan kecepatan dari tiap hubungan motor dalam kondisi tanpa beban dan berbeban yang diperoleh dari tabel 1, tabel 2, tabel 3 dan 4 adalah seperti pada gambar 22 selama pemakaian satu (1) jam.



Gambar 22. Grafik perbandingan pemakaian energi listrik pada motor induksi tiga fasa dengan perubahan kecepatan

#### 4. KESIMPULAN

1. Motor induksi tiga fasa hubungan bintang tanpa beban dengan kecepatan 3000 rpm diperoleh konsumsi energi listrik sebesar 0,079 kWh, lebih tinggi sebesar 0,038 kWh (48%) atau Rp. 51,376 selama satu jam bila dibandingkan dengan kecepatan 2570 rpm dengan konsumsi energi listrik sebesar 0,041 kWh.
2. Motor induksi tiga fasa hubungan bintang berbeban dengan kecepatan 3000 rpm diperoleh konsumsi energi listrik sebesar 0,423 kWh dan kecepatan 2570 rpm diperoleh konsumsi energi listrik 0,547 kWh dimana motor induksi tiga fasa kecepatan 2570 rpm konsumsi energi listriknya lebih tinggi sebesar 0,124 kWh (22%) atau Rp. 167,648 dalam satu jam bila dibandingkan dengan kecepatan 3000 rpm.
3. Motor induksi tiga fasa hubungan delta tanpa beban dengan kecepatan 3000 rpm diperoleh konsumsi energi listrik sebesar 0,206 kWh dan saat kecepatan 2570 rpm konsumsi energi listrik 0,271 kWh dimana konsumsi energi listrik motor induksi tiga fasa dengan kecepatan 2750 rpm lebih tinggi sebesar 0,065 kWh (23%) atau Rp. 87,88 dalam satu jam bila dibandingkan dengan kecepatan 3000 rpm.
4. Konsumsi energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan delta berbeban dengan kecepatan 2570 rpm diperoleh sebesar 0,979 kWh, lebih tinggi sebesar 0,551 kWh (56%) atau Rp. 744,952 dalam satu jam bila dibandingkan dengan kecepatan 3000 rpm dengan konsumsi energi listrik sebesar 0,428 kWh.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. S. Sarhan, "Online energy efficient control of three-phase induction motor drive using PIC-microcontroller," *Int. Rev. Model. Simulations*, vol. 4, no. 5, pp. 2278–2284, 2011.
- [2] G. Anindita, E. Setiawan, and A. Syahid, "Optimasi Energi pada Motor Induksi 3 Fasa dalam Memproduksi Kebutuhan Air (Studi Kasus di PDAM Karang Pilang Surabaya)," in *Seminar Nasional Maritim, Sains dan Teknologi Terapan*, 2016, vol. 01, no. November, pp. 87–94.
- [3] Atmam, E. Zondra, and Zulvahri, "Analisis Penggunaan Energi Listrik Pada Motor Induksi Satu Fasa dengan Menggunakan Inverter," *SainETIn*, ISSN 2548-6888, vol. 1, no. 2, pp. 1–8; ISSN 2548-9445, 2017.
- [4] L. Alberti, N. Bianchi, and S. Bolognani, "Finite element modeling of induction motor for variable speed drives," *Electr. Mach. 2008. ICEM 2008. 18th Int. Conf.*, no. 2, pp. 1–5, 2008.
- [5] H. Haryanto, "Pembuatan Modul Inverter sebagai Kendali Kecepatan Putaran Motor Induksi," *J. Rekayasa*, ISSN 0216-9495, vol. 4, no. 1, pp. 9–20, 2011.
- [6] F. O. Enemuoh, E. E. Okafor, J. C. Onuegbu, and V. N. Agu, "Modelling , Simulation and Performance Analysis of A Variable Frequency Drive in Speed Control Of Induction Motor," *Int. J. Eng. Invent.*, vol. 3, no. 5, pp. 36–41, 2013.
- [7] Y. Liklikwatil, "Pengaturan Tegangan Kerja Minimum Motor Induksi Untuk Penghematan Pemakaian Energi Peralatan Yang Digerakan Oleh Motor Listrik," *Isu Teknol. STT Mandala*, vol. 5, no. 02, pp. 47–57, 2013.
- [8] S. K. Sen, *Rotating Electrical Machinery 2nd Ed.* 1987.