

Perbandingan Konsumsi Energi Motor Induksi 3 Fasa Antara Kontaktor Dan Variable Speed Drive (Inverter) Pada Mesin Circular Loom Di PT. Murni Mapan Mandiri

Comparison of Energy Consumption of 3 Phase Induction Motors Between Contactors and Variable Speed Drives (Inverters) on Circular Loom Machines at PT. Purely Established Independent

Prasta Mahrifatika^{1*}, Ilham Akbar Darmawan²

¹Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kota Serang

²Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kota Serang

*[Email 2283200014@untirta.ac.id](mailto:Email_2283200014@untirta.ac.id)

Article History:

Received: 10 Oktober 2022

Revised: 12 November 2022

Accepted: 08 Desember 2022

Keywords: Energy consumption, contactors, induction motors, VFD

Abstract: *The use of an electric motor with a contactor as the controller can cause the current (starting) of the motor to increase when the first start is turned on. In technological developments, the Variable Speed Drive (inverter) serves to reduce electrical energy consumption in controlling the rotational speed of electric motors by changing the principle of the input frequency, so as to enable efforts to save energy consumption and increase production of factory capacity. The use of an electric motor whose function is to drive a machine is an example of using an electric motor that is inefficient and requires a large amount of energy. In addition, the use of electric motors still uses the traditional method, namely by using a contactor. the use of a contactor can cause the current (starting) of the motor to spike when the first start is turned on. This relatively large jump in starting current also results in a waste of power consumption. However, this surge can be minimized by modifying the control technique, namely using a VFD. The VFD can adjust the starting current surge according to the required needs, namely by changing the frequency.*

Abstrak

Penggunaan motor listrik dengan kontaktor sebagai pengendalinya dapat menyebabkan arus (starting) motor melonjak saat start pertama dihidupkan. Dalam perkembangan teknologi, Variable Speed Drive (inverter) berfungsi untuk mengurangi konsumsi energi listrik dalam mengendalikan kecepatan putar motor listrik dengan mengubah prinsip frekuensi inputnya, sehingga dapat memungkinkan upaya penghematan konsumsi energi dan peningkatan produksi terhadap kapasitas pabrik.

Penggunaan motor listrik yang fungsinya sebagai penggerak mesin merupakan contoh penggunaan motor listrik yang tidak efisien dan membutuhkan energi yang cukup besar, Selain itu, penggunaan motor listrik masih menggunakan cara tradisional, yaitu dengan menggunakan kontaktor. penggunaan kontaktor dapat menyebabkan arus (starting) motor melonjak saat start pertama dihidupkan. Lonjakan arus start yang cukup besar ini juga berdampak pada pemborosan konsumsi daya. Namun, lonjakan ini dapat di minimalkan dengan memodifikasi teknik pengendaliannya yaitu menggunakan VFD. VFD dapat mengatur lonjakan

arus startin sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan, yaitu dengan cara mengubah frekuensinya.

Kata Kunci: Konsumsi energi, kontaktor, motor induksi, VFD

PENDAHULUAN

Kehidupan makhluk hidup sangat tergantung pada energi dimana energi digunakan untuk penerangan dan menjalankan industri skala besar (pabrik), industri kecil dan menengah dalam negeri. Di dunia industri khususnya penggunaan energi listrik di pabrik-pabrik dengan pertimbangan dapat mempermudah melakukan kegiatan atau mengurangi biaya penggunaan dan akses pelayanan sesuai kebutuhan. Penggunaan energi tidak terlepas dari berbagai kebutuhan manusia, perkembangan berbagai sektor kehidupan dan teknologi yang digunakan. Semakin tinggi kapasitas mesin, maka semakin tinggi juga kebutuhan energinya.

Pada PT. Murni Mapan Mandiri bergerak di bidang industri plastik yang terbuat dari mesin-mesin yang menggunakan motor listrik sebagai penggerak utamanya. Penggunaan motor listrik membutuhkan energi listrik yang besar. apabila bukan karena upaya penghematan motor listrik, Penggunaan motor listrik yang fungsinya sebagai penggerak mesin merupakan contoh penggunaan motor listrik yang tidak efisien dan membutuhkan energi yang cukup besar. Jika tidak ada upaya penghematan, penggunaan motor listrik ini akan menyebabkan pemborosan energi. Selain itu, penggunaan motor listrik masih menggunakan cara tradisional. Penggunaan kontaktor dapat menyebabkan arus (*starting*) motor melonjak saat start pertama dihidupkan. Lonjakan arus start yang cukup besar ini juga berdampak pada pemborosan konsumsi daya. Namun, lonjakan ini dapat di minimalkan dengan mengatur koneksi motor menjadi *star-delta*.

Pengendalian kecepatan putaran motor AC dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya dengan kendali tegangan dan frekuensi. Dalam perkembangan teknologi, *Variable Frequency Drive* (VFD) atau biasa dikenal dengan inverter ini dapat membantu mengurangi konsumsi energi listrik dalam mengendalikan kecepatan putar motor listrik dengan prinsip mengubah frekuensi inputnya. Di PT. Murni Mapan Mandiri menggunakan inverter untuk mengendalikan kecepatan motor. sehingga dapat memungkinkan upaya penghematan energi yang signifikan. Salah satu cara untuk mengatur kecepatan motor induksi tiga fasa adalah dengan cara mengubah frekuensi, tetapi untuk mengatur frekuensi input pada motor induksi tiga fasa dapat menggunakan kendali *Variable Frequency Drive* (VFD) yang dihubungkan langsung dengan motor induksi tiga fasa. *Variable Speed Drive* atau *Variable Frequency Drive* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan motor listrik (AC) dengan mengontrol frekuensi daya listrik yang disuplai ke motor. *Variable Frekuensi Drive* menjadi semakin populer karena kemampuannya untuk mengontrol kecepatan motor induksi.

Motor induksi

Motor induksi merupakan motor listrik yang bekerja berdasarkan gelombang induksi

elektromagnetik. Motor induksi merupakan mesin listrik yang menggunakan medan listrik untuk mengubah energi listrik menjadi energi gerak dan memiliki slip antara medan stator dan rotor (Ardiansyah, Nrrartha, & Sukmadana, 2015).

Prinsip kerja motor induksi tiga fasa ini bila sumber tegangan sumber 3 fasa dialirkan pada kumparan stator, maka akan timbul medan putar dengan kecepatan tertentu. Besarnya kecepatan tersebut dapat di ukur dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Dimana:

N_s = Kecepatan Putar

F = Frekuensi

P = Poles

Perlu diketahui bahwa medan putar stator akan memotong batang konduktor yang ada pada rotor, sehingga pada batang-batang konduktor dari rotor akan muncul GGL induksi. GGL akan menghasilkan arus (I), serta gaya (F) pada rotor. Agar GGL induksi timbul, maka di perlukan perbedaan antara kecepatan medan putar yang ada pada stator (N_s) dengan kecepatan yang ada pada rotor (N_r) (Siburian, 2020).

Kontaktor

Kontaktor merupakan komponen listrik yang bekerja menggunakan prinsip induksi elektromagnetik. Kontaktor berfungsi untuk menyambungkan atau memutuskan arus listrik AC dengan daya listrik besar yang diaplikasikan untuk kendali motor listrik.(Atmam, 2018)



Gambar 1. Kontaktor

Variable Speed Drive (VSD)

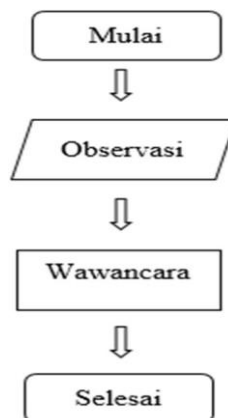
Variable Speed Drive atau *Variable Frekuensi Drive* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengendalikan kecepatan putaran motor listrik (AC) dengan mengontrol frekuensi daya listrik yang dipasok ke motor. Aplikasi *Variable Speed Drive (VSD)* semakin populer karena kemampuannya untuk mengontrol kecepatan motor induksi dengan menubah nilai frekuensi tegangan yang masuk pada motor, oleh karena itu inverter disebut juga dengan *Variable Speed Drive (VSD)* *Variable speed drive* atau *variable frequency drive* semakin populer karena kemampuannya untuk mengontrol kecepatan motor induksi. VSD mengontrol kecepatan motor induksi dengan mengubah frekuensi (Adri, 2021)



Gambar 2. *Variable Speed Drive (VFD)*

METODE

Metode penelitian yang digunakan yaitu observasi secara langsung dan melakukan wawancara dengan beberapa narasumber yang di damping langsung oleh pembimbing industri.



Gambar 3. Diagram Alur Metode Penelitian

HASIL

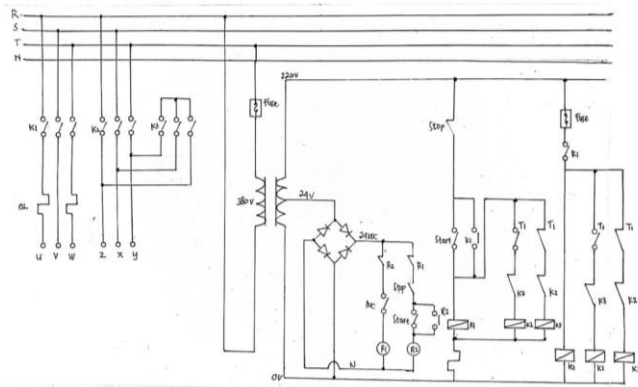
Pada penelitian kali ini, penulis melakukan pengamatan pada proses menenun dengan menggunakan mesin *Circular Loom*, dimana benang plastik dianyam pada alat tenun melingkar yang kemudian dipotong dengan menggunakan mesin otomatis untuk membuat terpal atau karung plastik. Mesin *circular loom* ini merupakan hasil produksi dari mesin *extruder*.



Gambar 4. Mesin *Circular Loom*

Proses penggunaan mesin *circular loom* ini dirancang dengan menggunakan motor induksi sebagai penggerak untuk menenun helaian benang plastik menjadi karung plastik atau terpal melalui *V-belt* yang terpasang pada *pully* utama atau roda yang berputar menggerakkan konekting, *ring*, *bot* konekting bergerak, dan tiang gun.

Pada pengujian konsumsi energi pada mesin *circular loom* in terdapat dua macam pengujian, yaitu dengan menggunakan kontaktor dan menggunakan inverter. Berikut gambar wiring diagram ketika menggunakan kontaktor:



Gambar 5. Wiring Diagram Rangkaian Kontaktor

Ketika menggunakan kontaktor sebagai pengendalian pada motor induksi 3 fasa, kecepatan yang di atur dapat dikendalikan dengan mengganti pulli, namun ketika menggunakan kontaktor menyebabkan arus asutan (*starting*) motor melonjoksaat pertama kali dihidupkan. Adapun pengukuran nilai arus dan tegangan pada kontaktor:

Tabel 1. Data nilai pengukuran arus dan tegangan motor induksi listrik 3 fasa *type* AEFV dengan menggunakan kontaktor

NO	Waktu	Type Motor Induksi	Pulley	Cos Phi	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)
1.	11/07/2022	Motor Induksi 3 fasa <i>Type</i> AEFV	4	0,85	380	12,5

2.	12/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	4	0,85	380	13,6
3.	13/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	4	0,85	380	2.8
4.	14/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	4	0,85	380	7,1
5.	15/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	4	0,85	380	7,7
6.	18/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	4	0,85	380	6.8
7.	19/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	4	0,85	380	9.3
8.	20/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	4	0,85	380	8,3
9.	21/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	4	0,85	380	8,6
10.	22/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	4	0,85	380	13
11.	25/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	4	0,85	380	15
12	26/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	4	0,85	380	17

Pemakaian energi listrik selama 21 jam kerja pada 1 buah motor induksi tiga fasa sebagai penggerak motor pada mesin *circular loom* dengan mengambil salah satu nilai perhitungan daya sebagai berikut:

Nilai daya dan energi dengan menggunakan kontaktor.

$$\text{Arus} = 13 \text{ A}$$

$$\text{Tegangan} = 380 \text{ V}$$

$$\text{kWh/rupee} = 1.500/\text{kWh}$$

$$\begin{aligned}
 p &= \sqrt{3} \times V \times I \times \cos \varphi \\
 &= 1,73 \times 380 \times 13 \times 0,85 \\
 &= 7272 \text{ W} = 7,272 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Efisien energi jika motor beroperasi 21 jam dalam sehari

$$\begin{aligned}
 W &= p \times t \\
 &= 7,272 \text{ kW} \times 21 \text{ jam} \\
 &= 152,71 \text{ kWh/hari}
 \end{aligned}$$

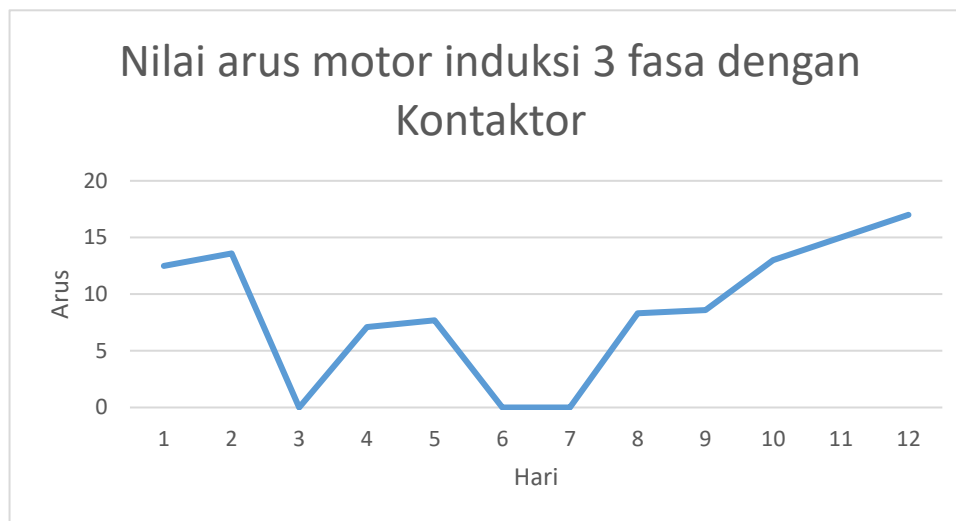
Jika motor dioperasikan selama 21 jam/hari, maka diperoleh:

$$\begin{aligned}
 W &= p \times t \\
 &= 7,272 \text{ kW} \times 21 \text{ jam} \\
 &= 152,71 \text{ kWh/hari}
 \end{aligned}$$

Untuk pemakaian listrik selama satu bulan adalah:

$$\begin{aligned}
 kWh \text{ bulan} &= kWh/hari \times \text{jumlah hari kerja/bulan} \\
 &= 152,71 \text{ kWh/hari} \times 25 \\
 &= 3817,8 \text{ kWh/bulan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya} &= kWh/bulan \times \text{tarif dasar listrik} \\
 &= Rp. 3817,8 \text{ kWh/bulan} \times Rp. 1500/kWh \\
 &= Rp. 5.726.700/bulan
 \end{aligned}$$

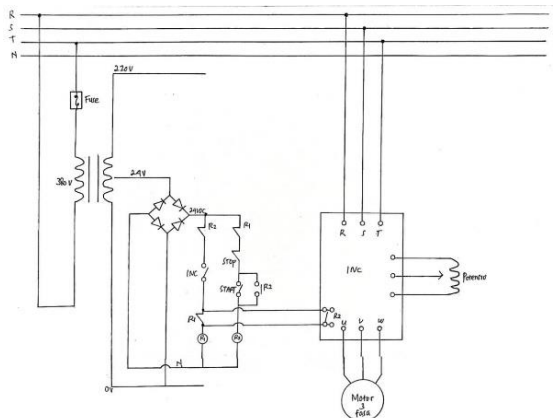


Gambar 6. Grafik Nilai Arus Motor Induksi 3 Fasa Kontaktor

Nilai arus pada motor induksi 3 fasa dengan menggunakan kontaktor yang di hasilkan ternyata mengalami lonjakan yang sangat besar terhadap daya dan biaya listrik, hal ini dikarenakan karena adanya perubahan arus sehingga mempengaruhi daya listrik.

Ketika menggunakan inverter sebagai pengendali motor induksi 3 fasa, inverter ini dapat mengendalikan penyusutan arus *starting* motor utama pada mesin *circular loom* sesuai dengan masukan parameter-parameter sesuai dengan rating motor dan kebutuhan kecepatan motor, dimana tegangan dan frekuensinya dapat di atur. Gambar di bawah ini wiring diagram rangkaian *variable*

speed inverter (VFD) pada mesin Circular loom.



Gambar 7. Wiring Diagram Rangkaian inverter

Penulis melakukan pengukuran nilai arus dan tegangan pada input dan output dari *variable Speed Drive (VSD)* yang nantinya akan dihitung untuk mengetahui hasil pemakaian dan kemudian akan dilakukan perbandingan biaya konsumsi energi listrik antara menggunakan VFD dan kontaktor. Berikut ini nilai arus dan tegangan pada motor induksi tiga fasa dengan menggunakan *Variable Speed Drive (VFD)*.

Tabel 2. Data Nilai Pengukuran Arus dan Tegangan Motor Induksi listrik 3 fasa type AEVF dengan menggunakan VFD

No.	Waktu	Nama Motor Induksi	Frekuensi (Hz)	Cos phi	Tegangan (volt)	Arus (Ampere)
1.	11/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	50	0,85	380	3,4
2.	12/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	50	0,85	380	4,5
3.	13/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	50	0,85	380	3
4.	14/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	50	0,85	380	2,7

5.	15/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	50	0,85	380	5,8
6.	18/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	50	0,85	380	6
7..	19/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	50	0,85	380	2,7
8.	20/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	50	0,85	380	5,5
9.	21/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	50	0,85	380	5.7
10.	22/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	50	0,85	380	6,5
11.	25/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	50	0,85	380	6,6
12.	26/07/2022	Motor Induksi 3 fasa Type AEVF	50	0,85	380	7,8

Pemakaian konsumsi energi listrik pada motor induksi tiga fasa menggunakan *inverter* dapat di lakukan perhitungan biaya konsumsi energi listrik dengan mengambil salah satu nilai daya yaitu sebagai berikut:

$$Tegangan = 380 V$$

$$Input = 6,5 A$$

$$Output = 10 A$$

$$p\ output = 5.500 Watt = 5,5 kW$$

$$P\ Input = \sqrt{3} \times V_{input} \times I \times \cos \varphi$$

$$= 1.732 \times 380 \times 6,5 \times 0,85$$

$$= 3636 \text{ Watt} = 3,63 \text{ kW}$$

Efisien energi jika motor beroperasi 21 jam dalam sehari

$$P \text{ efisien} = 5,5 \text{ kW} - 3,7 \text{ k}$$

$$= 1,8 \text{ k}$$

$$\text{Waktu operasi (W)} = 21 \text{ jam}$$

$$= 1,8 \text{ kW} \times 21 \text{ jam}$$

$$= 37,8 \text{ kWh}$$

Jadi, apabila motor beroperasi selama 21 jam dalam 1 hari maka besar efisien energi yang di dapat yaitu sebesar 37,8 kWh.

Dari hasil efisien energi yang di dapat, maka penulis dapat menghitung besarnya biaya yang dapat di hemat dalam 1 hari dari efisien konsumsi daya dengan memakai Variable Speed Drive sebagai berikut:

$$\text{kWh/Rupiah} = 1.500/\text{kWh}$$

Biaya yang bisa di hemat dalam 1 hari (21 jam)

$$= W \times \text{Biaya Listrik/kwh}$$

$$= 37,8 \times 1500$$

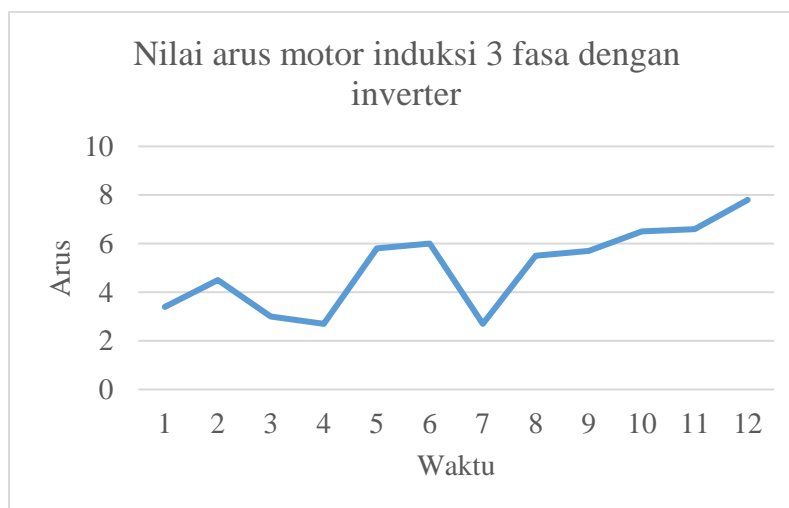
$$= \text{Rp. } 56.700/\text{hari}$$

Untuk pemakaian listrik selama satu bulan adalah:

Total biaya = biaya perhari x jumlah hari pemakaian listrik 1 bulan

$$= \text{Rp. } 56.700 \times 25$$

$$= \text{Rp. } 1.417.500/\text{bulan}$$



Gambar 8. Grafik Nilai Arus Motor Induksi 3 Fasa Inverter

Pada pengujian menggunakan inverter dihasilkan penurunan nilai daya jika dibandingkan dengan menggunakan kontaktor, karena adanya perubahan arus, semakin besar nilai arus pada inverter maka semakin kecil biaya konsumsi energi listrik.

DISKUSI

Dari hasil perhitungan antara kontaktor dan *inverter* dapat diperoleh energi penghematan untuk motor induksi listrik tiga fasa *Type AEFV* menggunakan kontaktor dan menggunakan *inverter* dengan mengambil salah satu dari nilai daya yang di hasilkan yaitu sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Energi penghematan} &= \text{energi sebelum penghematan} - \text{energi setelah penghematan} \\ &= 7,27 \text{ kW} - 3,63 \text{ kW} \\ &= 3,64 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu operasi (W)} &= \text{energi penghematan} \times 21 \text{ jam} \\ &= 3,64 \text{ kW} \times 21 \text{ jam} \\ &= 76,44 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Jadi, apabila motor beroperasi selama 21 jam dalam 1 hari maka besar efisien energi yang di dapat yaitu sebesar 76,44 kWh

Maka diperoleh hasil total penghematan energi listrik sebesar 76,44 kWh/hari. Jika jumlah hari kerja selama satu bulan adalah 25 hari, maka energi listrik yang dapat di hemat selama satu bulan adalah sebesar:

$$\begin{aligned} \text{kWh/bulan} &= \text{kWh/hari} \times \text{jumlahjam kerja/bulan} \\ &= 76,44 \text{ kWh/hari} \times 25 \\ &= 1.911 \text{ kWh/bulan} \end{aligned}$$

Jika dihitung dalam satuan rupiah, dalam satu bulan biaya penghematan energi listrik pada motor induksi tiga fasa *type AEFV* dengan menggunakan *Variable Speed Drive* (inverter) pada mesin *circular loom* yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Biaya} &= \text{Energi pengehematan (kWh/bulan)} \times \text{kWh/rupiah} \\ &= 1.911 \text{ kWh/bulan} \times 1.500 \text{ kWh} \\ &= \text{Rp. 2.866.500} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas di ketahui bahwa total pemakaian energi listrik sebelum penghematan adalah sebesar 7,27 kW/hari. Setelah dilakukan penghematan pemakaian energi listrik menjadi sebesar 3,63 kW/hari. Maka besar penghematan energi listrik yang di peroleh sebesar 76,44 kW/hari.

KESIMPULAN

Penghematan konsumsi energi listrik pada PT. Murni Mapan Mandiri, Ketika motor induksi 3 fasa *Type AEFV* bergerak dengan menggunakan antara kontaktor dan *inverter* terdapat perbedaan nilai arus yang cukup berbeda, besar pemakaian listrik dengan menggunakan kontaktor yaitu 3817,8 kWh/bulan dan biaya yang dikeluarkan kurang lebih Rp. 5.726.700/bulan Tindakan yang perlu dilakukan untuk meningkatkan efisiensi konsumsi energi listrik pada motor induksi tiga fasa adalah dengan menggantikan teknik pengendaliannya yaitu dengan menggunakan *inverter* atau VSD, dimana ketika menggunakan inverter sebagai kendali pada motor induksi tiga fasa, besar pemakaian listrik dengan menggunakan *inverter* terdapat perbedaan nilai arus yang

cukup berbeda, nilai arus yang dihasilkan dengan menggunakan kontaktor lebih besar dibanding dengan menggunakan *inverter*, sehingga mempengaruhi terhadap biaya listrik. Biaya yang di hasilkan pada *inverter* mengalami penurunan jika dibandingkan dengan menggunakan kontaktor. Yaitu pada saat menggunakan *inverter* atau *Variable Speed Drive (VSD)* di peroleh total biaya penghematan pada setiap bulan Rp. 2.866.500, karena adanya perubahan arus, semakin besar nilai arus pada *inverter*, maka semakin kecil biaya konsumsi energi listrik.

PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penelitian ini sehingga berjalan dengan lancar dan baik, terutama kepada PT. Murni Mapan Mandiri yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian dan Dosen pembimbing Praktik Industri Bapak Ilham Akbar Darmawan, M.Pd., yang telah memberikan bimbingannya dalam menyelesaikan laporan praktik industry ini. Dan tak lupa pula rekan-rekan Pendidikan Vokasional Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

DAFTAR REFERENSI

- Adri, M. M. (2021). Analisa Manfaat Penggunaan Variable Speed Drive (VSD) Pada Motor Induksi Apron Feedercorective Additive di PT. SEMEN BATURAJA (PERSERO) TBK. *Electro National Conference*, 122.
- Ardiansyah, R., Nrartha, I. A., & Sukmadana, I. B. (2015). Perancangan Soft Starting Pada Motor Induksi Tiga Phase Menggunakan Mikrokontroller ATMEGA328 Design of Soft Starting for Three Phase Induction Motor Using ATMega328 Microcontroller. *Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat*, 92.
- Atmam, T. A. (2018). Analisis Penggunaan Energi Listrik Motor Induksi Tiga Phasa Menggunakan Variable Speed Drive (VSD). *SainETIn (Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri)*, Vol. 2 No. 2,, 53-54.
- Sarjono, R. G. (2020). evaluasi kinerja motor induksi 3 fasa 100 HP/75 KW pada pane; star-delta di PDAM TIRTA RAYA ADI SUCIPTO KUBU RAYA. *Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro*, .
- Siburian, J. J. (2020). Studi Sistem Star Motor Induksi 3 Phasa Dengan Metode Star Delta Pada PT. Toba Pulp Lestari TBK. *JURNAL TEKNOLOGI ENERGI,UDA*,, 83.