

KAJIAN PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK DENGAN PEMASANGAN INVERTER PADA MOTOR FAN MENARA PENDINGIN RSG - GAS

Koes Indrakoesoema, Kiswanto, Muhammad Taufiq
Pusat Reaktor Serba Guna – BATAN
Kawasan Puspiptek, Ged. 31, Serpong - Tangerang Selatan 15310
Email : koes@batan.go.id

ABSTRAK

KAJIAN PENGHEMATAN ENERGI LISTRIK DENGAN PEMASANGAN INVERTER PADA MOTOR FAN MENARA PENDINGIN RSG - GAS. Kebutuhan akan tenaga listrik semakin meningkat seiring dengan perkembangan industri dan meningkatnya taraf hidup masyarakat. Permasalahan terjadi bahwa perkembangan ini tidak diikuti dengan penyediaan sumber tenaga listrik yang memadai. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dibutuhkan suatu cara untuk menghemat pemakaian tenaga listrik, khususnya dalam pengendalian motor listrik. Untuk memperoleh penghematan energy pada pengendalian motor induksi tiga fasa adalah dengan menggunakan inverter sebagai pengendali motor listrik. Satu Motor fan (PA-01 AH001) pada *cooling tower* system pendingin sekunder telah diuji coba dalam pengendalian putarannya dan didapatkan saat putaran motor diturunkan hingga 1300 rpm diperlukan daya yang lebih kecil, yaitu 18,8 kW, sehingga diperoleh penghematan energy 36.800 kWh dalam pengoperasian 4000 jam per tahun.

Kata kunci : Penghematan, energy, inverter, motor induksi

ABSTRAC

ASSESSMENT OF ELECTRIC ENERGY WITH INSTALLATION OF INVERTER ON MOTOR FAN OF COOLING TOWERS RSG - GAS. *The need for electricity is increasing along with the development of industry and the rising living standards for people. The problems occur when these developments is not followed by the provision of adequate power sources. To overcome these problems, it is needed to save on electricity consumption, especially in the control of electric motors. To obtain energy savings in three phase induction motor is used the inverter as an electric motor controllers. The fan motor (PA-01 AH001) on secondary cooling system was tested in the control of rotation and obtained when the motor speed reduced to 1300 rpm, the power also reduce to 18.8 kW, and achieved the energy savings of 36,800 kWh in the operation 4000 hours per year.*

Key words : Saving, energy, inverter, induction motor

PENDAHULUAN

Reaktor Serba Guna GA. Siwabessy adalah reaktor penelitian dengan daya 30 MW thermal, dilengkapi dengan 2 buah sistem pendingin, yaitu Sistem Pendingin Primer dan Sistem Pendingin Sekunder. Sistem pendingin primer berfungsi mengambil panas teras sebagai hasil reaksi fisi dan sistem pendingin sekunder mengambil panas dari sistem primer melalui Heat Exchanger untuk dibuang ke lingkungan melalui blower menara pendingin.

Sistem pendingin primer dilengkapi dengan 3x50% pompa sirkulasi, masing-masing JE-01 AP001, JE-01 AP002 dan JE-01 AP003. Saat reaktor dioperasikan hanya 2 pompa yang dihidupkan sedangkan pompa yang lain sebagai cadangan. Sistem pendingin sekunder juga dilengkapi dengan 3x50% pompa sirkulasi, masing-masing PA-01 AP001, PA-02 AP001 dan PA-03 AP001 serta hanya 2 yang dioperasikan saat reaktor beroperasi dan pompa lainnya sebagai cadangan.

Dalam operasinya sistem sekunder terbagi dalam 2 jalur, yaitu jalur 1 (PA-01) dan jalur 2 (PA-02). Sisi isap pompa terhubung dengan kolam menara pendingin dan sisi tekan terhubung dengan *Heat Exchanger* 1 (HE1) untuk PA-01 dan HE2 untuk PA-02.

Air sekunder keluaran HE1 dihubungkan dengan menara pendingin blok 1 dan air sekunder keluaran HE2 dihubungkan dengan menara pendingin blok 2. Pada menara pendingin blok 1 terpasang 4 buah modul fan, 3 modul untuk operasi normal (PA-01 AH001, PA-01 AH002 dan PA-01 AH003) dan 1 modul untuk melayani percobaan (PD-01 AH001). Pada menara pendingin blok 2 terpasang 3 buah modul

fan, yaitu PA-02 AH001, PA-02 AH002 dan PA-02 AH003. Menara pendingin dirancang untuk suhu air sekunder masuk 39,2 °C dan suhu air keluar menara pendingin 32 °C pada suhu lingkungan 28 °C.

Motor fan yang digunakan untuk mendinginkan air sekunder adalah motor induksi 3 fasa dengan putaran tetap selama reaktor beroperasi, sehingga energy yang dibangkitkan akan tetap pula. Untuk penghematan energy selama reactor beroperasi, maka pada motor fan akan dipasang inverter untuk mengurangi kecepatan motor dengan sudut blade dipertahankan tetap sehingga massa alir udara hanya tergantung dari putaran motor.

BATASAN MASALAH

Agar pembahasan lebih terarah, maka permasalahan yang akan dilakukan pada tulisan ini dibatasi pada beberapa hal sebagai berikut:

- Pengambilan data dilakukan pada motor fan (PA-01 AH001) pada sistem pendingin sekunder.
- Analisis hanya dilakukan pada motor tiga fasa, 30 kW, 380/660 (Δ/Y) Volt, 50 Hz, $\cos \phi$ 0,86, 1470 rpm.
- Analisis dilakukan untuk menghitung penghematan energy pada putaran motor fan 1300 rpm.

TEORI

Motor induksi merupakan salah satu peralatan yang banyak digunakan di Industri untuk keperluan penggerak berbagai proses yang ada di industri diantaranya adalah : Pompa, Kompresor, Fan, Blower, Konveyor, dan penggerak proses produksi lainnya. Hal ini disebabkan karena motor induksi memiliki banyak keunggulan dibanding motor sinkron atau motor DC yaitu

konstruksi sederhana, tahan lama, perawatan mudah dan efisiensinya tinggi. Dibalik keunggulannya terdapat juga kelemahan yaitu dalam hal pengaturan kecepatan dan torsi awal yang rendah. Untuk mengatasi permasalahan ini dapat digunakan Sistem kontrol dengan mengatur tegangan input dan frekuensinya untuk mendapatkan pengaturan kecepatan dan torsi sesuai dengan kebutuhan.

Parameter yang dibutuhkan dari motor induksi adalah pengaturan kecepatan dan torsi motor. Untuk itu dibutuhkan pengaturan yang fleksibel dengan cara mengubah frekuensi inputannya dari 50 Hz menjadi frekuensi yang diinginkan agar motor dapat berputar pada kecepatan yang diinginkan. Sumber Listrik dari PLN ataupun pembangkit sendiri mempunyai frekuensi yang konstan, dengan standar 50 Hz.

Pengaturan Kecepatan Motor

Motor induksi pada umumnya berputar dengan kecepatan konstan, mendekati putaran sinkronnya.

$$N = \frac{120 f}{p}, \quad (1)$$

dimana : N = putaran motor

f = frekuensi jala

p = jumlah kutub

Meskipun demikian pada penggunaan tertentu dikehendaki juga adanya pengaturan putaran. Pengaturan putaran tersebut dapat dilakukan dengan cara mengubah frekuensi dan mengatur tegangan jala-jala.

Pengaturan putaran motor induksi dapat dilakukan dengan mengubah-ubah harga frekuensi jala. Pengendalian model ini biasanya diikuti dengan pengaturan tegangan masuk yang sebanding dengan frekuensi tersebut, karena untuk mendapatkan fluks yang konstan, yaitu:

$$T = \Phi I \quad (2)$$

$$\Phi = \frac{V}{f} \quad (3)$$

dimana :

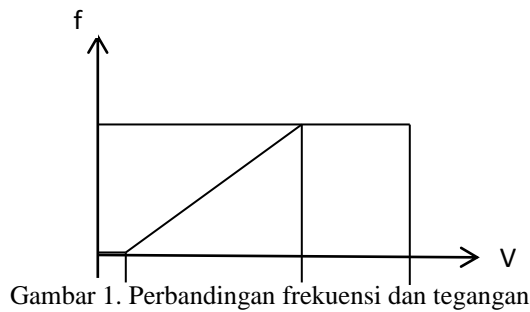
T = Torsi motor

Φ = fluksi

V = tegangan stator = tegangan jala

I = arus rotor

Berdasarkan rumus diatas, dapat dikatakan untuk menjaga agar fluksi motor tetap konstan dapat dilakukan dengan menjaga agar perbandingan V/f konstan, perbandingannya terlihat pada Gambar 1. Dan dengan didapat Φ yang konstan, maka jelas torque sekarang hanya merupakan fungsi dari arus rotor saja (I).³⁾



Besarnya kopel motor induksi dinyatakan oleh persamaan berikut: ¹⁾

$$T = 9550 \frac{P_n}{n}$$

(4)

dimana : P_n = Daya nominal motor (kW)

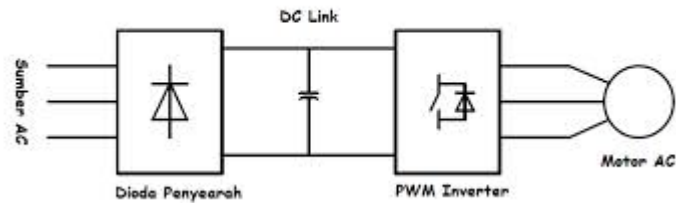
N = putaran motor (rpm)

Inverter Tiga Fasa

Untuk mengubah sumber AC menjadi DC dibutuhkan Rangkaian Rectifier (Penyearah) atau Converter (Penyearah Terkendali). Pada umumnya digunakan konverter (penyearah terkendali) untuk mendapatkan sumber DC dari listrik AC. Setelah listrik AC diubah jadi sumber DC maka perlu dilakukan perataan bentuk gelombang DC yang masih mengandung ripple (riak) AC. Caranya dengan menambahkan DC Link atau semacam

regulator. Hal ini berfungsi untuk meratakan bentuk gelombang DC agar berbentuk lurus dan stabil tidak terjadi naik turun (riak).

Setelah didapatkan listrik DC yang murni, berikutnya adalah mengubah Listrik DC menjadi listrik AC dengan rangkaian inverter. Inverter sebenarnya berisi rangkaian flip flop yang melakukan pensaklaran secara bergantian terhadap listrik DC sehingga menghasilkan listrik AC. Bentuk gelombang yang dihasilkan dengan rangkaian inverter bisa gelombang kotak atau gelombang sinus. Untuk menghasilkan Listrik AC dari Output rangkaian inverter dengan gelombang sinus diperlukan rangkaian *PWM (Pulse Width Modulator)*. Rangkaian ini yang akan mencacah listrik DC menjadi listrik AC dengan bentuk gelombang mendekati sinus. Gambar 2 memperlihatkan blok diagram hubungan inverter dengan motor AC.

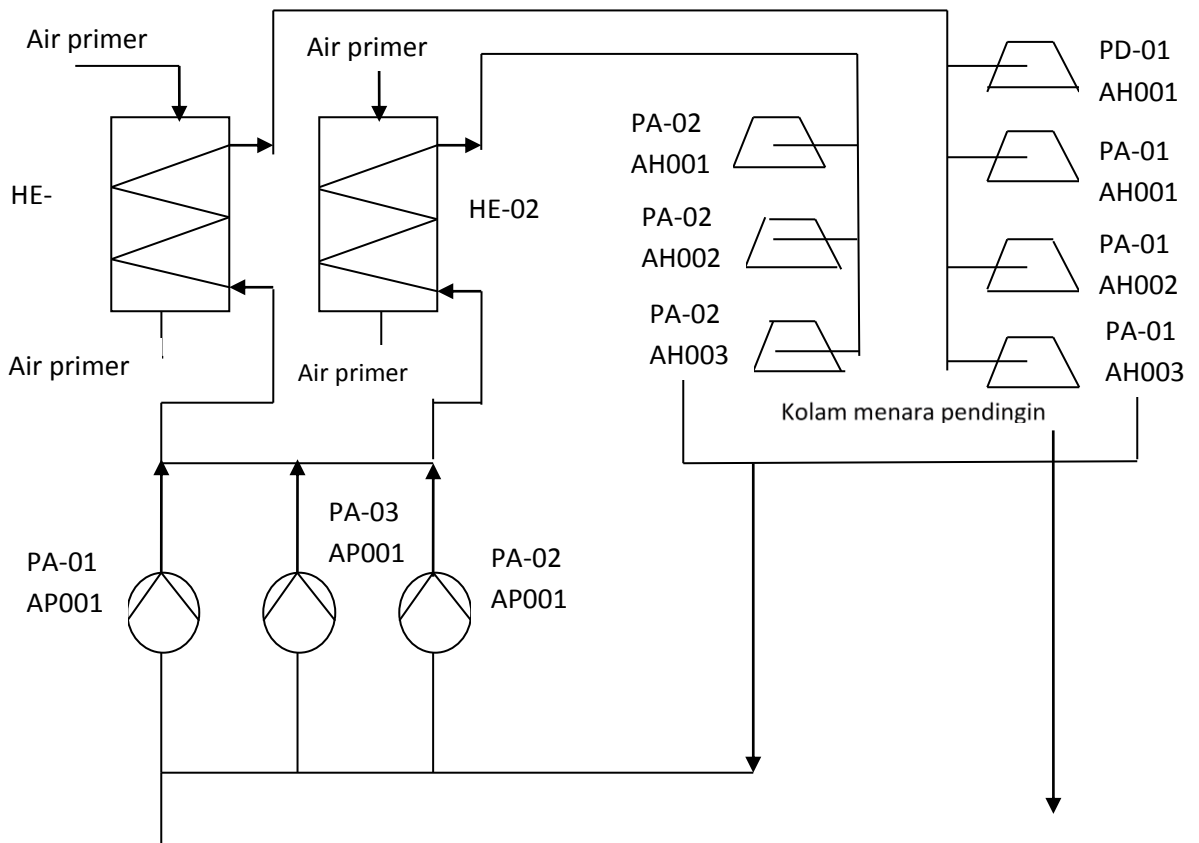


Gambar 2. Hubungan Inverter dan Motor AC

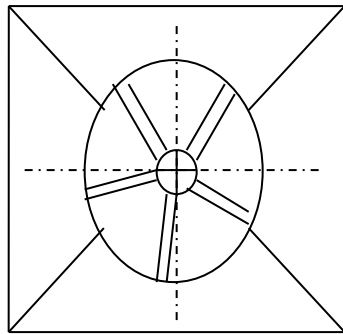
PERCOBAAN

Dari 7 (tujuh) motor blower yang ada pada system pendingin sekunder (Gambar 3), diambil satu blower (PA-01 AH001) untuk dirubah putarannya. Terlebih

dahulu sudut sudu (blade) diatur dengan kemiringan 22° (Gambar 4 dan 5), karena dengan kemiringan ini dicapai efisiensi fan 70%²⁾.



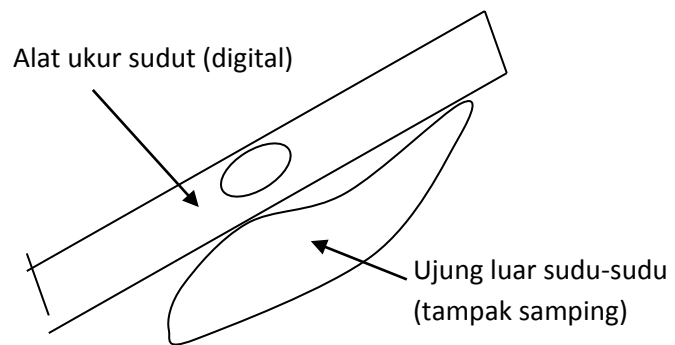
Gambar 3. Diagram alir system pendingin sekunder



Gambar 4. Tampak atas fan

Tujuh buah motor fan yang digunakan pada menara pendingin adalah indentik, dengan spesifikasi sebagai berikut :

Jenis Motor	: Induksi 3 phasa, 4 pole
Daya	: 30 kW
Tegangan	: 380 Volt
Arus	: 58 A
Putaran	: 1475 rpm



Gambar 5. Skema pengukuran sudut sudu

$\text{Cos } \varphi$: 0,86

Modul inverter dipasang pada satu motor fan (PA-01 AH001), lihat Gambar 6, dari modul inverter dilakukan perubahan variasi putaran motor sehingga didapatkan parameter listrik lainnya seperti, tegangan, arus, daya, frekuensi dan torsi.



Gambar 6. Modul Inverter

HASIL

Laju alir udara diukur di 4 titik pada sudu untuk setiap putaran motor, dengan sudut sudu 22° . Dengan luas area fan $9,11 \text{ m}^2$ maka massa laju alir adalah :

Massa laju alir (m^3/jam) = laju alir x luas area fan.

Hasil pengukuran dan perhitungan seperti terlihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Pengukuran laju alir

No.	Putaran motor 1000 rpm	Putaran motor 1100 rpm	Putaran motor 1200 rpm	Putaran motor 1300 rpm	Putaran motor 1400 rpm	Putaran motor 1500 rpm
	Laju alir udara (meter/menit)					
1.	565	630	640	750	775	810
2.	470	530	560	620	650	725
3.	375	430	450	510	530	575
4.	340	390	400	460	475	500
Rata2	437,5	495	512,5	585	607,5	652,5

Tabel 2. Massa laju alir

Laju alir rata2 (meter/menit)	437,5	495	512,5	585	607,5	652,5
Massa laju alir (m ³ /jam)	239137,5	270567	280132,5	319761	332059,5	356656,5

Melalui modul Inverter seperti pada Gambar 6, didapat beberapa parameter listrik seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran beberapa parameter listrik

rpm	f (Hz)	V (Volt)	I (Ampere)	Pin (kW)	Pout (kW)	Torsi (%)	LF (%)
1500	50	380	52.5	29.7	28	93	93
1400	46.67	355	47.5	24.4	23.2	83	83
1300	43.3	330	42.5	19.7	18.8	72	71
1200	40	305	38.11	15.65	14.8	61	62
1100	36.67	280	35.8	12.7	12	54	54
1000	33.3	256	32.05	9.67	8.5	43	42

ANALISA PENGHEMATAN ENERGI

Perhitungan daya dapat di hitung dengan rumus:

$$P = \sqrt{3} V_{L-L} I \cos \phi \quad (5)$$

dimana :

- P = daya motor
- V_{L-L} = tegangan jala
- I = arus motor
- Cos ϕ = faktor daya

Energi listrik yang dibutuhkan selama motor fan PA-01 AH001 beroperasi dapat di hitung dengan rumus :

$$W = P \times t \quad (6)$$

dimana :

- W = Energi listrik (kWh)
- P = Daya listrik (kW)
- t = Waktu penggunaan (jam)

Dengan sudut sudu/blade 22° dan putaran motor 1500 rpm diperoleh daya output 28 kW dan daya inputnya 29,7 kW yang mendekati spesifikasi daya motor. Untuk satu motor cooling tower yang dioperasikan (PA-01 AH001) selama 4000 jam per tahun, dengan putaran motor 1500 rpm, energy yang dihasilkan adalah:

$$W = 28 \text{ kW} \times 4000 \text{ jam} = 112.000 \text{ kWh.}$$

Dari Tabel 1 dan 2, pada putaran 1300 rpm diperoleh laju alir udara rata-rata 585 meter/menit dan massa laju alir 319761 m³/jam. Pada putaran motor 1300 rpm, daya output motor adalah 18,8 kW, sehingga bila motor blower tersebut dioperasikan selama 4000 jam per tahun, energy yang dihasilkan adalah :

$$W = 18,8 \text{ kW} \times 4000 \text{ jam} = 75.200 \text{ kWh}$$

Dari sini dapat dilihat adanya penghematan sebesar 36.800 kWh bila putaran motor diturunkan hingga 1300 rpm dan bila harga per kWh adalah Rp. 900,-, maka penghematannya adalah Rp. 33.120.000,- per tahun atau Rp. 2.760.000 per bulan.

Dengan harga inverter Rp. 28.680.000,-, maka *Return of Investment (ROI)* dapat tercapai selama 10 bulan.

KESIMPULAN

Melalui inverter putaran motor dapat diatur sehingga didapat penghematan energy. Dengan menurunkan putaran motor pada motor fan cooling tower (PA-01 AH001) menjadi 1300 rpm, energi yang dihemat selama satu tahun operasi (4000 jam) adalah 36.800 kWh dan *Return of Investment* dapat dicapai dalam jangka waktu 10 bulan.

REFERENSI

1. ZUHAL, Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya, PT Gramedia Pustaka, Jakarta 1995.
2. SUWARTO, Optimalisasi Sudut Sudu-Sudu Fan Menara Pendingin RSG-GAS, Tugas Akhir, Fakultas Teknik Jurusan Mesin, Universitas Pamulang, 2006.
3. M. ABD. HAMID, dkk., Penghematan Energi Pada Penggunaan Inverter Sebagai Pengendali Kecepatan Motor Induksi, Jurnal Elektro ELTEK, Vol.1, No.1,2010