ANALISIS PENGARUH PERUBAHAN SUHU EVAPORATOR TERHADAP KINERJA KOMPRESOR AC INVERTER

Fahriza Mayrullah¹

¹Politeknik Negeri Banjarmasin
mayrullahsosmed@gmail.com

Abstrak - Teknologi inverter yang diaplikasikan pada *air conditioner* menggunakan motor bldc 3 fasa sebagai penggerak kompresor. Motor BLDC 3 fasa dikendalikan oleh IPM (*intelligent power module*) dan mikrokontroler. Pada saat AC inverter dihidupkan, sesaat mikrokontroler akan membaca input data dari sensor-sensor temperatur, tekanan refrigeran, kemudian mencari posisi rotor untuk melakukan komutasi elektrik. Rentang pengkondisian suhu adalah 16°C – 30°C. Jika target suhu (TS) yang dipilih lebih rendah dari suhu aktual evaporator (SE), maka motor kompresor akan berputar maksimal. Setelah AC on dan SE sudah lebih rendah dari TS maka putaran kecepatan motor kompresor akan pelan. Variasi kecepatan ini menyebabkan energi (E) yang digunakan juga berubah-ubah. Penulis tertarik untuk melakukan penelitian pengaruh perubahan suhu evaporator (PSE) terhadap kinerja kompresor (COP dan EER). Penelitian akan dilakukan selama 2 jam dengan pengambilan data per 15 menit. Tujuan dari penelitian ini yang pertama adalah mengidentifikasi PSE dan kinerja kompresor (COP dan EER) kemudian yang kedua adalah mengetahui PSE dan pengaruhnya terhadap kinerja kompresor (COP dan EER) selama 2 jam. PSE adalah nilai suhu akhir evaporator dikurangi dengan nilai suhu awal evaporator. COP (*coefficient of performance*) atau koefisien prestasi adalah salah satu indeks dari kinerja kompresor berdasarkan kerja kompresor. Dimana semakin tinggi nilai COP maka kinerja kompresor semakin baik. EER (*Energy Efficiency Ratio*) merupakan rasio perbandingan antara energi yang digunakan dengan beban pendinginan (*cooling load*) atau dikenal juga kW/ton. Semakin tinggi nilai EER maka efisiensi dari kompresor semakin tinggi. Jadi semakin tinggi nilai COP dan EER maka kinerja kompresor semakin baik. Dari hasil pengukuran

dan perhitungan didapatkan untuk nilai terendah PSE= -7,2 menghasilkan nilai COP dan EER tertinggi yaitu, COP=22,27 dan EER=76,00. Pada bagian kesimpulan didapatkan analisa bahwa semakin kecil perubahan suhu evaporator (PSE) maka kinerja kompresor AC inverter semakin baik.

kata kunci : *Air Conditional, Inverter, Evaporator, Kinerja, Kompresor*

I. PENDAHULUAN

Kunci pengembangan terbaru dari teknologi inverter besutan LG sangat bergantung dari kehandalan sirkuit mikro processor yang terletak pada kompresornya. Pemanfaatan sirkuit ini memungkinkan mesin pendingin ruangan berteknologi inverter untuk mengubah jenis arus listrik yang masuk dari arus bolak-balik (*alternating current*) menjadi arus listrik searah (*direct current*) sebagai keluarannya. Cara kerja kompresor ini, ketika suhu evaporator (SE) telah mencapai derajat yang sesuai keinginan pengguna, kompresor pada inverter pengembangan terbaru ini masih akan tetap bekerja namun dengan laju putaran yang menyesuaikan dengan naik-turunnya SE. Artinya, cepat lambatnya kompresor bekerja akan sesuai dengan informasi yang diterima sensor untuk memantau bilamana terjadi perubahan suhu pada evaporator. Pada penelitian ini akan menganalisa pengaruh perubahan suhu evaporator (PSE) terhadap kinerja kompresor pada AC inverter. PSE didapatkan dengan cara mengurangi nilai suhu akhir evaporator dengan suhu awal evaporator. Sedangkan kinerja kompresor berdasarkan nilai dari COP dan EER

II. METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

1. Lokasi : objek penelitian berada di ruang staf upt pp poliban di Jalan H.Hasan Basry Komplek Unlam Banjarmasin.
2. Alat : *remote control* untuk pengaturan suhu (TS), *Digital infrared thermal gun* untuk pengukuran suhu evaporator (SE), *Stop watch digital* untuk pengukuran waktu (t), *Multimeter* dan *ac electric detector* untuk pengukuran tegangan, arus, daya dan energi (V, I, PF, P dan E).
3. Bahan : *Air Conditioner LG Smart Inverter* 1 pk Model T10EMV.

PENDINGIN RUANGAN			
NAMA MODEL : T10EMV			
KODE PABRIK : QSUQ096W5A0			
FASE	1 Ø	Hz	50
TEGANGAN	220-240		V~
KAPASITAS	9,200 (3,000~9,500)		Btu/hr
NORMAL DAYA MASUKAN ARUS	920 (250~1,000) 5.2		W A
MAKS DAYA MASUKAN ARUS	1,000 5.9		W A
REFRIGERANT	R410A		0.56 kg
TEKANAN SISI TINGGI	4.2		MPa
TEKANAN SISI RENDAH	2.4		MPa
IKLIM TROPIS GOLONGAN			T1
TAHAN PERCIKAN AIR (HANYA BAGIAN LUAR)			IPX4
Buatan Indonesia			
R410A

Gambar 1. Spesifikasi AC inverter LG T10EMV (PT. LG Electronics Indonesia, 2016)

Nilai Pengukuran dan Perhitungan

1. Pengukuran suhu evaporator (SE) dan energi (E)
2. Perhitungan PSE, kW/ton, COP dan EER

Rangkaian Uji

Gambar 2. Rangkaian uji menggunakan *ac electric detector* model PO6S-100

Rancangan Penelitian

Gambar 3. Flowchart penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran

Pengukuran pertama pengukuran dengan $TS=27^{\circ}\text{C}$ yang ke 1 hasil dimasukkan ke dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran dengan $T_s=27^\circ\text{C}$ yang ke 1

Menit ke	$T_s=27^\circ\text{C}$					
	SE	V	I	PF	P	E
0	30,2					
15	20,2	229	5,47	0,8	1010,0	0,22
30	17,1	227	4,64	0,8	851,5	0,53
45	17,3	228	4,21	0,8	774,6	0,66
60	21,7	229	1,32	0,78	237,5	0,77
75	22,9	229	1,33	0,78	240,5	0,83
90	23,5	232	1,27	0,79	236,9	0,90
105	21,8	233	2,27	0,78	419,3	0,99
120	22,1	233	1,67	0,78	304,5	1,05

Tabel 3. Hasil Pengukuran dengan $T_s=27^\circ\text{C}$ yang ke 2

Menit ke	$T_s=27^\circ\text{C}$					
	SE	V	I	PF	P	E
0	17,9					
15	26,3	234	0,13	0,73	23,01	0,02
30	23,9	234	0,13	0,73	22,91	0,04
45	24,3	234	2,49	0,77	448,50	0,05
60	25,6	236	0,13	0,73	23,30	0,09
75	22,6	235	1,12	0,79	212,30	0,14
90	26,0	236	0,13	0,73	23,53	0,16
105	24,6	236	0,13	0,73	22,11	0,20
120	25,1	236	0,14	0,73	24,12	0,25

Tabel 4. Hasil Pengukuran dengan $T_s=22^\circ\text{C}$ yang ke 1

Menit ke	$T_s=22^\circ\text{C}$					
	SE	V	I	PF	P	E
0	29,7					
15	20,8	229	5,35	0,80	994,20	0,22
30	21,3	229	5,44	0,80	1010,00	0,47
45	21,7	230	5,47	0,80	1020,00	0,72
60	21,2	228	5,67	0,80	1040,00	0,98
75	17,6	225	5,66	0,80	1030,00	1,25
90	17,9	226	5,61	0,80	998,00	1,51
105	16,9	227	5,45	0,80	791,70	1,75
120	16,4	228	1,99	0,80	771,20	1,99

Tabel 5. Hasil Pengukuran dengan $T_s=22^\circ\text{C}$ yang ke 2

Menit ke	$T_s=22^\circ\text{C}$					
	SE	V	I	PF	P	E
0	30,3					
15	19,9	225	5,87	0,80	1060,00	0,25
30	17,6	226	5,75	0,80	1050,00	0,51
45	16,6	227	5,64	0,80	1040,00	0,75
60	15,1	227	5,64	0,80	1020,00	1,02
75	14,3	228	5,43	0,80	1000,00	1,27
90	14,8	227	5,41	0,80	992,60	1,52
105	15,7	227	5,39	0,80	987,10	1,76
120	14,3	228	5,29	0,80	976,20	2,01

Tabel 6. Hasil Pengukuran dengan $T_s=16^\circ\text{C}$ yang ke 1

Menit ke	$T_s=16^\circ\text{C}$					
	SE	V	I	PF	P	E
0	30,7					
15	17,9	227	4,47	0,79	807,7	0,20
30	16,2	227	4,39	0,79	793,9	0,40
45	16,3	227	4,35	0,79	788,8	0,60
60	13,8	228	4,34	0,79	786,6	0,85
75	15,2	227	4,30	0,79	783,3	0,99
90	16,5	229	4,28	0,79	776,8	1,18
105	16,5	228	4,28	0,79	776,1	1,38
120	16,6	229	4,24	0,79	773,1	1,57

Tabel 7. Hasil Pengukuran dengan $T_s=16^\circ\text{C}$ yang ke 2

Menit ke	$T_s=16^\circ\text{C}$					
	SE	V	I	PF	P	E
0	28,2					
15	17,0	230	4,10	0,79	751,9	0,17
30	14,7	227	4,15	0,79	753,1	0,37
45	14,4	225	4,12	0,79	744,3	0,55
60	13,4	225	4,11	0,80	740,3	0,73
75	14,8	228	4,04	0,80	740,9	0,93
90	14,3	226	4,08	0,80	743,1	1,10
105	14,2	225	4,07	0,80	736,2	1,31
120	14,4	226	4,05	0,80	739,9	1,50

Hasil Perhitungan

Berikut ini perhitungan data dari tabel 1.2 dilakukan secara manual, selanjutnya akan dilakukan menggunakan Ms Excel.

1. Perhitungan PSE

$$\begin{aligned} PSE &= SE_{Awal} - SE_{Akhir} \\ &= 30,2 - 22,1 \\ &= 8,1 \end{aligned}$$

2. Perhitungan kW/ton

$$\begin{aligned} \frac{KW}{Ton} &= \frac{Daya\ Input\ (KW)}{Ton} \\ &= \left(\frac{\frac{1,05}{120}}{\frac{60}{9500}} \right) = \frac{0,525}{0,791} = 0,663 \end{aligned}$$

3. Perhitungan COP (*Coefficient of Performance*)

$$\begin{aligned} COP &= \frac{3,516}{\frac{KW}{Ton}} \\ &= \frac{3,516}{0,663} = 5,30 \end{aligned}$$

4. Menghitung EER (*Efficiency Energy Ratio*)

$$\begin{aligned} EER &= \frac{12}{\frac{KW}{Ton}} \\ &= \frac{12}{0,663} = 18,10 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya penulis menggunakan program Ms Excel dan langsung memasukkan hasilnya ke dalam tabel 1.8

Tabel 8. Hasil Perhitungan PSE, COP dan EER

No	Pengukuran			Perhitungan				
	SE (°C)		E (kWh)	PSE	kW/ton	COP	EER	
	Awal	Akhir						
1.	30,2	22,1	1,05	8,1	0,663	5,30	18,10	
2.	17,9	25,1	0,25	-7,2	0,158	22,2	76,00	
3.	29,7	16,4	1,99	13,3	1,257	2,80	9,55	
4.	30,3	14,3	2,01	16,0	1,269	2,77	9,45	
5.	30,7	16,6	1,57	14,1	0,992	3,55	12,10	
6.	28,2	14,4	1,50	13,8	0,947	3,71	12,67	

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Berikut ini penulis akan membuat analisa dan pembahasan berupa perbandingan antara hasil pengukuran TS=27°C yang ke 1 dan ke 2.

Grafik 1. Perbandingan hasil pengukuran TS=27°C antara ke 1 dan ke 2

Dari grafik 1 dapat dilihat kedua memiliki nilai SE awal yang berbeda. Pada pengukuran yang ke 1 SE awal = 30,2°C lebih tinggi dari TS=27°C. Sedangkan pengukuran yang ke 2 SE awal=17,9°C lebih rendah dari TS=27°C. Sehingga grafik dari pengukuran ke 1, SE turun sampai 17,1°C di menit 30 setelah TS sudah terlewati baru kemudian naik perlahan. Sedangkan pengukuran ke 2 terbalik, SE justru naik sampai 26,30°C di menit ke 15 baru kompresor bekerja lagi untuk mendinginkan SE.

Grafik 2 Perbandingan hasil pengukuran TS=27°C antara ke 1 dan ke 2

Dari grafik 2 terlihat arus kerja kompresor akibat efek dari SE awal sebelumnya, di menit ke 15 pada pengukuran ke 1 (I=5,47A), sedangkan pengukuran ke 2 (I=0,13A).

Grafik 3 Perbandingan hasil pengukuran TS=27°C antara ke 1 dan ke 2

Dari grafik 3 terlihat grafik pemakaian energi antara pengukuran ke 1 dan ke 2 mempunyai kesamaan pola. Hanya saja nilai dari E tersebut berbeda akibat dari SE awal yang berbeda. Hasil analisa dan pembahasan dari pengukuran TS=27°C dapat mewakili analisa dan pembahasannya untuk TS=22°C dan TS=27°C.

Hubungan antara energi (kWh) dengan *cooling load* (kW/ton) secara. Nilai KW/ton didapatkan dari hasil perhitungan seperti tabel 1.4.

Grafik 4 Perbandingan E (kWh) dengan *cooling load* (kW/ton)

Dari grafik 4 terlihat bahwa nilai E (kWh) berbanding lurus dengan *cooling load* (kW/ton).

Grafik 5 Perbandingan *cooling load* (kW/Ton) dengan COP

Dari grafik 5 terlihat bahwa nilai *cooling load* (kW/ton) berbanding terbalik sesuai dengan COP. Semakin besar nilai *cooling load* (kW/ton) maka nilai COP akan semakin kecil. Semakin kecil nilai *cooling load* (kW/ton) maka nilai COP semakin besar.

Grafik 6 Perbandingan *cooling load* (kW/ton) dengan EER

Dari grafik 6 terlihat bahwa nilai *cooling load* (kW/ton) berbanding terbalik sesuai dengan COP dan EER. Semakin besar nilai *cooling load* (kW/ton) maka nilai EER akan semakin kecil. Semakin kecil nilai *cooling load* (kW/ton) maka nilai EER akan semakin besar.

Grafik 7 Perbandingan antara PSE, COP dan EER

Dari grafik 7 terlihat bahwa nilai PSE berbanding terbalik dengan nilai COP. Dari grafik terlihat saat nilai terkecil PSE= -7,2 maka COP mendapatkan nilai terbesar, yaitu COP=22,27. Pada saat posisi nilai terbesar PSE=16,01 maka nilai COP adalah yang terkecil yaitu COP=2,77.

Grafik 8 Perbandingan PSE dengan EER

Dari grafik 8 terlihat bahwa nilai PSE berbanding terbalik dengan nilai EER. Dari grafik terlihat saat nilai terkecil PSE=-7,2 maka EER mendapatkan nilai terbesar, yaitu EER=76. Dan saat nilai terbesar PSE=16,01 maka nilai EER adalah yang terkecil yaitu EER=9,45.

V. KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya, yang dapat disimpulkan adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil dan pembahasan didapatkan identifikasi perubahan suhu evaporator atau PSE dalam 6 kali pengukuran mendapatkan nilai terkecil PSE= -7,2 dan nilai terbesar PSE=16,0. Sedangkan hasil identifikasi kinerja kompresor didapatkan nilai terkecil COP=2,77 dan EER=9,45 dan nilai terbesar COP=22,27 dan EER=76,00.
2. Dari hasil dan pembahasan dapat dianalisa bahwa : semakin kecil perubahan suhu evaporator (PSE= -7,2) maka kinerja kompresor AC inverter semakin baik

(COP=22,27 dan EER=76,00). Dan semakin besar perubahan suhu evaporator (PSE=16,0) maka pengaruhnya terhadap kinerja kompresor adalah semakin buruk (COP=2,77 dan EER=9,45).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2017. *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia*. Nomor 57 Tahun 2017. Lampiran II.
- BEE (Bureau of Energy Efficiency) India. 2002. *Energy Performance Assessment of HVAC Systems. India*. Ministry of Power. R.K.Puram, New Delhi-110066. 4Ch9. Halaman 115-121.
- Eugene Stamper, Richard L Koral (Editors). *Handbook of Air Conditioning Heating and Ventilating (Third Edition)*. Industrial Press Inc., 200 Madison Ave. New York 10016. ISBN 0-8311-1124-0. Hal.30.
- Soedjana Sapiie. 2005. *Pengukuran dan Alat-Alat Ukur Listrik*. Pradnya Paramitha:Jakarta.
- Supratman Hara, dkk. 1996. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara Edisi Kedua*. Erlangga:Jakarta.
- Esparuling, Budiman Sudia, La Hasanuddin. 2018. *Studi Eksperimen Pengaruh Kecepatan Putar Mesin Penggerak Kompresor Pada Sistem Kelistrikan Ac Mobil*. Enthalpy-Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin. Vol. 3, No. 1, Maret 2018 e-ISSN: 25028944. Jian Zhao/Yangwei Yu. *Brushless DC Motor Fundamentals*. AN047 Rev. 1.0. 05/7/2014 https://www.monolithicpower.com/pub/media/document/Brushless_DC_Motor_Fundamentals.pdf
- José Carlos Gamazo-Real*, Ernesto Vázquez-Sánchez and Jaime Gómez-Gil. *Position and*

Speed Control of Brushless DC Motors Using Sensorless Techniques and Application Trends. Sensors 2010, *10*, 6901-6947; doi:10.3390/s100706901. ISSN 1424-8220
www.mdpi.com/journal/sensors

Joto, Ruwah. 2017. *Studi Perbandingan Pemakaian Energi Air Conditioner Inverter Dengan Air Conditioner Konvensional*. Jurnal Eltek, [S.l.], V.11, N.1, P.111-121, Oct. 2017.
ISSN 1693-4024.
<http://eltek.polinema.ac.id/index.php/eltek/article/view/9>

Libor Prokop, Leos Chalupa. *3-Phase BLDC Motor Control with Sensorless Back EMF Zero Crossing Detection Using 56F80x*. AN1914 Rev. 1, 11/2005
<http://cache.freescale.com/files/product/doc/AN1914.pdf>

M. Husni Kotta. 2008. *Suhu Netral dan Rentang Suhu Nyaman Manusia Indonesia*. Metropilar Volume 6 Nomor 1 Januari 2008.
ISSN : 1693-6205
<http://ojs.uho.ac.id>metropilar>article>view>

Sudirman, I Nyoman Suprpta Winaya. 2010. *Pengaruh Variasi Putaran Poros Kompresor Terhadap Performansi Sistem Refrigerasi*. Prosiding Konferensi Nasionala Engineering Perhotelan (KNEP) 2010.

Tri Harso Karyono. 2001. *Penelitian Kenyamanan Termis Di Jakarta Sebagai Acuan Suhu Nyaman Manusia Indonesia*. Dimensi Teknik Arsitektur. Vol. 29, No.1, Juli 2001:
24–33
<http://dimensi.petra.ac.id/index.php/ars/article/download/15742/15734>

Manual Book. 2008. *Air Conditioner Inverter*. PT. Panasonic Gobel Indonesia.

Manual Book. 2009. *New Air Conditioner*. PT. Panasonic Gobel Indonesia.

Manual Book. 2017. *AC Inverter Instalation Training*. PT. Panasonic Gobel Indonesia.

Manual Book. 2017. *Air Conditioner Smart Inverter*. LG Electronics.

Technical dan Service Manual. 2009. *DC Inverter Split Air Conditioner*. Sanyo, 2006.