

*Janji 2010/2011*



**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**



ISBN 978-979-96964-7-2

# **SEMINAR NASIONAL TEKNOIN 2010**

**Pengembangan Teknologi Industri Berbasis  
"Green Technology"**

**TEKNIK ELEKTRO**

Yogyakarta, 11 Desember 2010

**TEKNOIN**  
JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI ISSN: 0583-8697

 **LG Innotek**

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Organisasi Penyelenggara .....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Sambutan Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia .....	v
Daftar Isi .....	vi

### Bidang Teknik Elektro

#### TELEMETRI SUHU SECARA REALTIME BERBASIS ASK-FM DENGAN PEMROGRAMAN VISUAL BASIC

##### *REALTIME TEMPERATUR TELEMETRY BASE ON ASK-FM*

<i>USING A VISUAL BASIC PROGRAM</i> .....	D-1
-------------------------------------------	-----

Muhammad Andang Novianta

#### PERANCANGAN DAN REALISASI ANTENA YAGI EMPAT ELEMEN

UNTUK FREKUENSI KERJA 142 MHZ .....	D-7
-------------------------------------	-----

Farid Thalib, Marganda P. A. Panggabean

MINIMALISASI ARUS INRUSH PADA TRANSFORMATOR DAYA 20 KV .....	D-13
--------------------------------------------------------------	------

Titiek Suheta

#### PEMROGRAMAN MIKROKONTROLER AT89S52 MENGGUNAKAN BASCOM- 8051 UNTUK APLIKASI JAM DIGITAL 3 FUNGSI

D-19

Erma Triawati Ch, Any K Yapie

#### PEMODELAN BIDANG TEMPERATUR UNTUK EFISIENSI PENYEBARAN

SENSOR PADA SISTEM MONITORING KEBAKARAN HUTAN TROPIS .....	D-25
------------------------------------------------------------	------

Prima Kristalina, Rony Susetyoko, Wirawan, Gamantyo Hendratoro

#### STUDI POTENSI KONVERSI ENERGI CAHAYA LAMPU HEMAT ENERGI 18

##### WATT MENJADI ENERGI LISTRIK DENGAN METODE SOLAR ENERGY

HARVESTING .....	D-31
------------------	------

Rasional Sitepu, Lucas de Jesus Silva, Febriyanti Amol, Antonius Anggoro, Rosida C.

<b>INTEGRASI SENSOR GYROSCOPE DAN ACCELEROMETER UNTUK SENSOR SUDUT ROLL/PITCH .....</b>	<b>D-37</b>
Sri Kliwati	
<b>STUDI KARAKTERISTIK PENGUAT AMPIFIRE RAMAN DAN <i>ERBIUM DOPED FIBER AMPLIFIER (EDFA)</i> PADA KOMUNIKASI SERAT OPTIK BERDASARKAN SIMULASI NUMERIK .....</b>	<b>D-41</b>
Wawan Setiyawan	
<b>STUDY KELAYAKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) DI SUNGAI BIALO KECAMATAN TOMPOBULU SULAWESI SELATAN .....</b>	<b>D-49</b>
Teguh Arfianto, Siti Saodah	
<b>SISTEM AKUISISI DAN PEMROSESAN SIGNAL RADAR RESOLUSI TINGGI BIAYA RENDAH .....</b>	<b>D-53</b>
Wahyu Widada	
<b>ANALISIS TEKNO-EKONOMIS PENGARUH PENAMBAHAN KAPASITOR DAN FILTER LC PADA KULKAS TIPE 600 LITER .....</b>	<b>D-57</b>
Badaruddin, Saripudin	
<b>ANALISA OPTIMASI MODULAR DISTRIBUTED GENERATION UNTUK BEBAN LISTRIK TERISOLASI .....</b>	<b>D-63</b>
Yusak Tanoto	
<b>PERANCANGAN PROTOTYPE ROBOT PENGINSPEKSI PIPA .....</b>	<b>D-71</b>
Andi Adriansyah	
<b>RANCANG BANGUN ALAT MONITORING GUNUNG BERAPI MENGUNAKAN MODEL TELEMETRI .....</b>	<b>D-77</b>
I Ketut Swakarna, Arif Basuki, Asniar Aliyu, Mytha Arena	

<b>SISTEM MONITORING KETINGGIAN PERMUKAAN AIR DALAM MENDUKUNG PENYEDIAAN INFORMASI PERINGATAN DINI PENANGGULANGAN BANJIR .....</b>	<b>D-81</b>
Ferrianto Gozali, Billion Lo	
<b>PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM SOLAR CELL PENJEJAK MATAHARI 4 ARAH UNTUK LAMPU PENERANG JALAN .....</b>	<b>D-87</b>
Yudhi Gunardi, Akrom Akhmadi Wibowo	
<b>SENSOR BERBASIS GELOMBANG AKUSTIK PERMUKAAN .....</b>	<b>D-93</b>
Djoko Untoro Suwarno, Kusminarto, Kuwat Triyana, Mitraryana	
<b>EFFISIENSI DAYA UNTUK SISTEM ESTIMASI TERDISTRIBUSI PADA JARINGAN SENSOR NIRKABEL .....</b>	<b>D-99</b>
Eni Dwi Wardihani, Wirawan, Gamantyo Handrantoro	
<b>PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SAMPAH PADA LPA BENOWO SURABAYA .....</b>	<b>D-105</b>
Agus Tri Hariyono, Agus Kiswantono, Aris Setiawan	
<b>ANALISA PENGGUNAAN KONVERTER DAYA SEBAGAI PENYEIMBANG JARINGAN 3 <math>\phi</math> UNTUK MENGURANGI RUGI DAYA SISTEM DISTRIBUSI PRIMER 20KV DI GARDU INDUK .....</b>	<b>D-109</b>
Agus Kiswantono, Deny Prasetya	
<b>DESIGN OF MOBILE FETAL HEART MONITORING FOR REDUCE FETAL MORTALITY .....</b>	<b>D-117</b>
Tito Yuwono	
<b>HARMONICS EXTRACTION ALGORITHMS FOR SHUNT ACTIVE POWER FILTER CONTROL BASED ON POWER DEFINITION THEORY .....</b>	<b>D-121</b>
Awan Uji Krismanto, Yusuf Ismail Nakhoda, Takashi Hiyama	

**RANCANG BANGUN RUMAH SENSOR FIBER BRAGG GRATING (FBG)  
UNTUK SENSOR STRAIN TANAH  
(DESIGN OF FIBER BRAGG GRATING (FBG) SENSOR HOUSING FOR STRAIN  
SENSORS) ..... D-127**  
Wildan Parji Tresna, Prabowo Puranto, Bambang Widiyatmoko, Hendra Adinanta

**TOWER BERSAMA BERAPLIKASIKAN ANTENNA  
FEEDER SYSTEM BERSAMA ..... D-133**  
Erwan Ross

## ANALISIS TEKNO-EKONOMIS PENGARUH PENAMBAHAN KAPASITOR DAN FILTER LC PADA KULKAS TIPE 600 LITER

Badaruddin, Saripudin

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana  
Jl. Meruya Selatan, Kembangan Jakarta Barat  
Telp. : 021 586 1779 Ext : 5234  
e-Mail: [bsulle@gmail.com](mailto:bsulle@gmail.com)

### Abstrak

*Pada awal penyalaan Kulkas arus awal/ arus starting peranannya sangat penting dalam menjamin kecukupan daya. Besar arus starting berbanding lurus dengan kebutuhan daya sehingga apabila arus starting pada kulkas tinggi maka otomatis daya yang diperlukan pada awal penyalaan pun besar. Apabila daya pada awal penyalaan melebihi daya yang terpasang kulkas tidak bisa menyala.*

*Pada kulkas solusi untuk mengatasi masalah ini adalah dengan merubah sistem star awal pada motor kompresor yaitu dengan menambah kapasitor yang dipasang seri dengan belitan bantu motor kompresor yang mampu menurunkan menurunkan arus starting cukup signifikan yang diikuti dengan membaiknya factor daya (pf) motor compressor.*

*Peluang penghematan energi pada kulkas juga bisa dilakukan karena kulkas merupakan salah satu peralatan elektronik yang menggunakan motor yang memiliki beban induktif dan kapasitif. Dimana beban induktif ( positif) membutuhkan daya reaktif dan beban kapasitif (negatif) yang mengeluarkan daya reaktif. Faktor daya yang rendah mengakibatkan terjadinya pemborosan energi listrik (tidak efisien). Sehingga untuk mengkompensasi kerugian daya reaktif tersebut dan meningkatkan faktor daya bisa dipasang beban tiruan filter fasif ( Filter LC ) berupa komponen reaktor dan kapasitor yang dirangkai seri dan terhubung paralel dengan seluruh beban Kulkas*

*Studi kasus pada kulkas hemat energi tipe 600 liter membuktikan setelah penambahan kapasitor starting dan Filter LC ( Kapasitor dan reaktor seri) mampu menurunkan arus starting sampai 50 persen dan mereduksi daya hingga 30 persen dan meningkatkan faktor daya sampai 98 persen.*

*Kata kunci: arus starting, Capasitor starting, Filter Lc, Faktor daya dan Komponen Reaktor*

### Pendahuluan

#### Latar Belakang

Sehubungan dengan meningkatnya pemakaian Kulkas secara langsung hal ini bisa mengakibatkan pemakaian energi listrik dimasyarakat pun ikut meningkat. Tetapi saat ini ketersediaan energi listrik disuplai oleh PLN sangat lah terbatas. Dengan meningkatnya pengetahuan masyarakat akan penggunaan peralatan elektronik khususnya Kulkas, saat ini yang berkaitan dengan isu penghematan energi dan *global warning*, maka dewasa ini masyarakat pengguna sebagai pihak konsumen akan lebih selektif dalam menentukan pilihan sebelum membeli produk Kulkas yang beredar di pasaran. Dan dengan semakin beragamnya produk yang beredar sehingga tidak dapat dipungkiri lagi pilihan konsumen akan jatuh pada produk yang berkualitas yaitu produk yang ekonomis, hemat energi dan ramah lingkungan. Pada awal penyalaan Kulkas terjadi lonjakan arus listrik yang biasa disebut arus starting. Besarnya arus

starting ini bisa mencapai 9 kali lebih besar dari pada arus pada saat Kulkas sudah bekerja. Arus yang besar ini yang menyebabkan daya input pada awal penyalaan lebih besar bahkan bisa melebihi kapasitas daya yang disuplai atau terpasang, sehingga hal ini lah yang mengakibatkan terjadinya jatuh tegangan yang ditandai dengan keadaan trip pada MCB dan Kwh meter.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut harus dicari solusinya yaitu dengan cara memodifikasi rangkaian elektrik Kulkas pada terminal motor compressor dengan menambahkan komponen kapasitor yang dirangkai seri dengan rangkaian belitan bantu motor compressor untuk mendapatkan nilai pergeseran fase yang optimal sewaktu motor mulai beroperasi atau selanjutnya disebut motor compressor Kulkas dengan star kapasitor.

Kulkas juga merupakan salah satu peralatan elektronik yang memiliki beban induktif dan kapasitif. Dimana

beban induktif ( positif) membutuhkan daya reaktif dan beban kapasitif (negatif) yang mengeluarkan daya reaktif. Daya reaktif itu merupakan daya yang memiliki faktor daya kurang baik yang tidak dapat dirubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk transmisi energi listrik pada beban saja Rendahnya Faktor daya ini yang mengakibatkan terjadinya pemborosan energi listrik (tidak efisien). Sehingga untuk mengkompensasi kerugian daya reaktif tersebut dan meningkatkan faktor daya bisa dipasang beban tiruan filter fasif ( Filter LC ) berupa komponen reaktor dan kapasitor yang dirangkai seri dan terhubung faralel dengan seluruh beban Kulkas

**Tujuan Penulisan**

Adapun tujuan dari penulisan penelitian ini adalah untuk :

- Menurunkan arus *starting* pada motor *compressor* Kulkas
- Menurunkan arus *running* dan memperbaiki factor daya
- Mendapatkan penghematan energi dan biaya listrik.

**Metode Penelitian**

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut :

*Review* literatur dengan mengacu kepada buku-buku, makalah terkait dan media internet

Metode observasi dengan melakukan pengukuran-pengukuran langsung pada objek penelitian untuk mendapatkan data sebagai bahan perhitungan analisa

**Teori Dasar**

Prinsip terjadinya suatu pendinginan di dalam sistem refrigerasi adalah penyerapan kalor oleh suatu zat pendingin yang dinamakan refrigeran. Karena kalor yang berada disekeliling refrigeran diserap, akibatnya refrigeran akan menguap, sehingga temperatur di sekitar refrigeran akan bertambah dingin. Hal ini dapat terjadi mengingat penguapan memerlukan kalor.

Di dalam suatu alat pendingin (Kulkas) kalor diserap di " evaporator" dan dibuang ke "kondensor". Uap refrigeran yang berasal dari evaporator yang bertekanan dan bertemperatur rendah masuk ke kompresor melalui saluran hisap. Di kompresor, uap refrigeran tersebut dimampatkan, sehingga ketika ke luar dari kompresor, uap refrigeran akan bertekanan dan bersuhu tinggi, jauh lebih tinggi dibanding temperatur udara sekitar.

Kemudian uap menunjuk ke kondensor melalui saluran tekan. Di kondensor, uap tersebut akan melepaskan kalor, sehingga akan berubah fasa dari uap menjadi cair (terkondensasi) dan selanjutnya cairan tersebut terkumpul di penampungan cairan refrigeran. Cairan refrigeran yang bertekanan tinggi mengalir dari penampung refrigeran ke aktup ekspansi. Keluar dari katup ekspansi tekanan menjadi sangat berkurang dan akibatnya cairan refrigeran bersuhu sangat rendah. Pada saat itulah cairan tersebut mulai menguap yaitu di evaporator, dengan menyedap kalor dari sekitarnya hingga cairan refrigeran habis menguap. Akibatnya

evaporator menjadi dingin. Bagian inilah yang dimanfaatkan untuk mengawetkan bahan makanan atau untuk mendinginkan ruangan. Kemudian uap rifegean akan dihisap oleh kompresor dan demikian seterusnya proses-proses tersebut berulang kembali. [1]

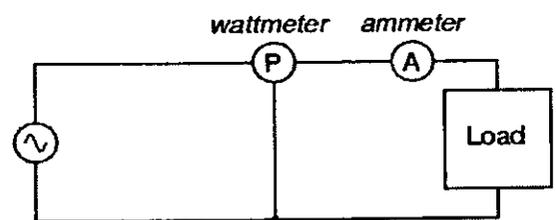
Siklus refrigerasi pada sistem adalah terjadinya perubahan menjadi refrigeran gas menjadi cair pada kondensor dan sebaliknya perubahan wujud refrigeran cair menjadi gas pada evaporator.

Komponen utama pada sistem refrigerasi terdiri dari compressor yang digerakan oleh motor satu phasa, dalam hal ini motor jenis phase belah. Dari compressor ini gas pendingin mengalir melalui komponen-komponen kondensor, saringan, pipa kapiler, evaporator dan suction line.

**Koreksi faktor daya menggunakan Filter LC dengan metoda pengukuran praktis [2]**

Kulkas merupakan salah satu peralatan elektronik yang memiliki beban induktif dan kapasitif. Dimana beban induktif ( positif) membutuhkan daya reaktif dan beban kapasitif (negatif) yang mengeluarkan daya reaktif. Daya reaktif itu merupakan tidak berguna sehingga tidak dapat dirubah menjadi tenaga akan tetapi diperlukan untuk transmisi energi listrik pada beban. Jadi beban bersipat induktif ini menyebabkan terjadinya pemborosan energi listrik. Maka untuk mengkompensasi kerugian daya reaktif dan meningkatkan faktor daya bisa dipasang beban tiruan filter fasif ( Filter LC )

Untuk mendapatkan hasil perhitungan yang akurat dan mengetahui faktor daya yang sesungguhnya pada beban keseluruhan maka sebelum melakukan perhitungan harus melakukan pengukuran dengan mempergunakan peralatan watt meter untuk mengukur daya nyata, ammeter untuk mengukur arus beban rangkaian Faktor daya secara praktis dapat langsung diterapkan dalam rangkaian pengukuran pada beban :



Gambar 1 Rangkaian pengukuran daya pada beban

Dari rangkaian pengukuran pada gambar 1 diatas maka didapat daya nyata atau daya yang terukur dalam watt maka daya semu (S) dapat dihitung dengan: [5]

$$S = VI \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

I = arus yang terukur (A RMS)

V = Tegangan sumber (V RMS)

Dari hubungan segitiga daya yang ditunjukkan pada gambar 2.16 , maka dengan menggunakan teorema phitagoras dapat di hitung :

$$Q = \sqrt{(S)^2 - (P)^2} \dots\dots\dots (1)$$

. Rangkaian filter fasif terdiri dari komponen R, L, dan C. Tetapi komponen utama dari filter tersebut adalah :

- Kapasitor  
Kapasitor dihubungkan seri atau paralel dengan beban untuk memperoleh sebuah total rating tegangan dan kVar yang diinginkan
- Induktor / Reaktor  
Reaktor digunakan dalam rangkaian filter agar mampu menahan selubung frekuensi tinggi.

Rangkaian filter fasif ini ( rangkaian seri LC ), dirangkai secara paralel dengan motor kompresor yang merupakan beban non linear pada rangkaian elektrik Kulkas.

Keuntungan pemasangan Filter LC ini adalah dapat : [3]

- Menurunkan arus
- Meningkatkan faktor daya
- Mereduksi daya
- Mengeliminasi terjadinya harmonik yang ditimbulkan beban reaktif seperti motor compressor.

**Konsumsi energi pada kulkas [6]**

Merupakan suatu kebijakan yang baik dalam rangka penghematan energi khususnya energi listrik yang dikeluarkan di negara eropa seperti turki, yang mengharuskan setiap peralatan elektronik khususnya kulkas yang akan dipasarkan di negara setempat harus memiliki rating efisiensi energi dibawah 55 % atau kelas A yang yang ditampilkan dalam tabel 2.1.

Tabel 1 Energy efficiency index of appliance

Energy Efficiency index : I (%)	Energy Efficiency class
1 < 55	A
55 ≤ I < 75	B
75 ≤ I < 90	C
90 ≤ I < 100	D
100 ≤ I < 110	E
110 ≤ I < 125	F
125 ≤ I	G

Adapun perhitungan pengukuran standar konsumsi energi pada kulkas adalah ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$I_a = \frac{AC}{SC_a} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

$$SC_a = [0.777 \times (VR + (VF \times 2.15 \times 1.2 \times I \times 1))] + 303 + 0 \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

$I_a$  = energy efficiency index ( indeks efisiensi energi ) dalam %

AC = annual energy consumption of appliance (konsumsi energi peralatan dalam setahun) dalam kWh/ tahun

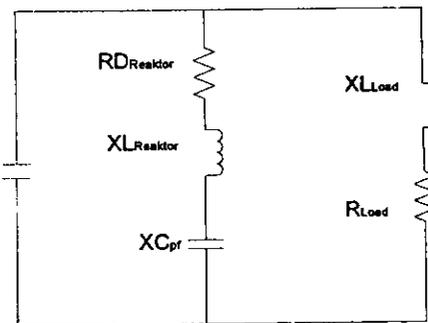
SC<sub>a</sub> = standar annual energy consumption a of appliance (standar konsumsi energi peralatan dalam setahun) kWh/ tahun

VR = volume of Fress Food / kapasitas ruang pendingin kulkas dalam liter

VF = volume of Freeze Food/ kapasitas ruang pembeku kulkas dalam liter

**Perhitungan Perancangan Penelitian**

**Perhitungan pada rangkaian pengujian setelah penambahan kapasitor dan reaktor (Filter LC) [2]**



Gambar 2 Rangkaian pengganti sesudah penambahan reaktor dan kapasitor pf

Dimana :

V : Tegangan sumber (Volt)

R<sub>Load</sub> : Tahanan beban (ohm)

X<sub>LLoad</sub> : Reaktansi Induktif beban (ohm)

X<sub>Cpf</sub> : Reaktansi Kapasitif Kapaitor pf (ohm)

X<sub>LReaktor</sub> : Reaksi Induktif Reaktor ( ohm )

R<sub>Reaktor</sub> : Tahanan Dalam Reaktor )ohm )

Untuk menentukan besar nilai kapasitor dan reaktor maka harus terlebih dahulu dicari daya reaktif beban , dengan menggunakan persamaan (2) maka dapat di hitung :

$$Q = \sqrt{(255.2)^2 - (86.78)^2} = 239.99 \text{ VAR}$$

Maka untuk mencari nilai C bisa dihitung

$$X_c = \frac{(220)^2}{239.99} = 201.67 \text{ ohm}$$

Maka C didapat dengan menggunakan persamaan (2) dan (3) :

$$C = \frac{10^6}{(2 \times 3.14 \times 50 \times 201.67)} = 15.79 \mu\text{F} \approx 15 \mu\text{F}$$

**Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2010  
Bidang Teknik Elektro**

Dalam pengujian ini Impendansi pada rangkaian LC bisa di hitung :

$$\begin{aligned} X_C &= 1 / ( 2 \times 3.14 \times 50 \times 15 \times 10^{-6} ) \\ &= 1 / 0.00471 \\ &= 212.31 \text{ ohm} \\ Z_{X_C} &= 0 + j212.31 \\ &= 212.31 \angle -90^\circ \\ &= 0 - j212.31 \\ Z_R &= 0.25 + jX_R \\ &= 0.25 \angle 0^\circ \\ &= 0.25 + j0 \\ X_L &= 2 \times 3.14 \times 50 \times 4 \times 10^{-3} \\ &= 1.256 \text{ ohm} \\ Z_{X_L} &= 1.256 \angle 90^\circ \\ &= 0 + j1.256 \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} Z_{RLC} &= Z_{R_L} + Z_{X_L} + Z_{X_C} \\ &= ( 0.25 + j 0 ) + ( 0 + j 1.256 ) + ( 0 - j \\ 212.31 ) \\ &= 0.25 - j 211.05 \\ &= \sqrt{(0.25)^2 + (-211.05)^2} \angle \text{arc tg} - 211.05 / \\ 0.25 \\ &= \sqrt{(0.0625 + 46246.5)} \angle \text{arc tg} - 860.2 \\ &= 215.05 \angle - 89.93 \end{aligned}$$

Sehingga besarnya arus running (I<sub>run</sub>) dapat di hitung :

$$\begin{aligned} I_{run} &= 220 ( ( 1 / 189.65 \angle 70.01^\circ ) + ( 1 / 215.05 \\ \angle - 89.93^\circ ) ) \\ &= 220 ( 0.00527 \angle -70.01^\circ ) + ( \\ 0.00465 \angle 89.93^\circ ) \\ &= 1.16 \angle -70.01^\circ + 1.02 \angle 89.93^\circ \\ &= ( 1.16 \cos -70.01^\circ + 1.16 \sin -70.01^\circ ) + ( 1.02 \\ \cos 89.93^\circ + 1.02 \sin 89.93^\circ ) \\ &= ( 0.39655 - j1.09 ) + ( 0.00125 + j1.02 ) \\ &= 0.3978 - j0.07 \\ &= \sqrt{(0.3978)^2 + (-0.007)^2} \angle \text{arc tg} -0.07 / \\ 0.3978 \\ &= 0.4 \angle -9.98^\circ \end{aligned}$$

Dan Factor daya nya menjadi :

$$\begin{aligned} P_f &= \cos -9.98^\circ \\ &= 0.98 \text{ lagging} \end{aligned}$$

Dan besarnya daya ( P ) dapat di hitung :

$$\begin{aligned} P &= 220 \times 0.4 \times 0.98 \\ &= 86.24 \text{ Watt} \end{aligned}$$

**Perhitungan indeks konsumsi energi kulkas sebelum dan sesudah penambahan capasitor starting dan filter LC**

**Tabel 2 Data hasil Tes ISO energy consumption test**

Uraian	1	2	3	4	5
1.1	240	480	720	960	1200
1.2	270	540	810	1080	1350
1.3	300	600	900	1200	1500
1.4	330	660	990	1320	1650
1.5	360	720	1080	1440	1800
1.6	390	780	1170	1560	1950
1.7	420	840	1260	1680	2100
1.8	450	900	1350	1800	2250
1.9	480	960	1440	1920	2400
2.0	510	1020	1530	2040	2550
2.1	540	1080	1620	2160	2700
2.2	570	1140	1710	2280	2850
2.3	600	1200	1800	2400	3000
2.4	630	1260	1890	2520	3150
2.5	660	1320	1980	2640	3300
2.6	690	1380	2070	2760	3450
2.7	720	1440	2160	2880	3600
2.8	750	1500	2250	3000	3750
2.9	780	1560	2340	3120	3900
3.0	810	1620	2430	3240	4050
3.1	840	1680	2520	3360	4200
3.2	870	1740	2610	3480	4350
3.3	900	1800	2700	3600	4500
3.4	930	1860	2790	3720	4650
3.5	960	1920	2880	3840	4800
3.6	990	1980	2970	3960	4950
3.7	1020	2040	3060	4080	5100
3.8	1050	2100	3150	4200	5250
3.9	1080	2160	3240	4320	5400
4.0	1110	2220	3330	4440	5550
4.1	1140	2280	3420	4560	5700
4.2	1170	2340	3510	4680	5850
4.3	1200	2400	3600	4800	6000
4.4	1230	2460	3690	4920	6150
4.5	1260	2520	3780	5040	6300
4.6	1290	2580	3870	5160	6450
4.7	1320	2640	3960	5280	6600
4.8	1350	2700	4050	5400	6750
4.9	1380	2760	4140	5520	6900
5.0	1410	2820	4230	5640	7050
5.1	1440	2880	4320	5760	7200
5.2	1470	2940	4410	5880	7350
5.3	1500	3000	4500	6000	7500
5.4	1530	3060	4590	6120	7650
5.5	1560	3120	4680	6240	7800
5.6	1590	3180	4770	6360	7950
5.7	1620	3240	4860	6480	8100
5.8	1650	3300	4950	6600	8250
5.9	1680	3360	5040	6720	8400
6.0	1710	3420	5130	6840	8550
6.1	1740	3480	5220	6960	8700
6.2	1770	3540	5310	7080	8850
6.3	1800	3600	5400	7200	9000
6.4	1830	3660	5490	7320	9150
6.5	1860	3720	5580	7440	9300
6.6	1890	3780	5670	7560	9450
6.7	1920	3840	5760	7680	9600
6.8	1950	3900	5850	7800	9750
6.9	1980	3960	5940	7920	9900
7.0	2010	4020	6030	8040	10050
7.1	2040	4080	6120	8160	10200
7.2	2070	4140	6210	8280	10350
7.3	2100	4200	6300	8400	10500
7.4	2130	4260	6390	8520	10650
7.5	2160	4320	6480	8640	10800
7.6	2190	4380	6570	8760	10950
7.7	2220	4440	6660	8880	11100
7.8	2250	4500	6750	9000	11250
7.9	2280	4560	6840	9120	11400
8.0	2310	4620	6930	9240	11550
8.1	2340	4680	7020	9360	11700
8.2	2370	4740	7110	9480	11850
8.3	2400	4800	7200	9600	12000
8.4	2430	4860	7290	9720	12150
8.5	2460	4920	7380	9840	12300
8.6	2490	4980	7470	9960	12450
8.7	2520	5040	7560	10080	12600
8.8	2550	5100	7650	10200	12750
8.9	2580	5160	7740	10320	12900
9.0	2610	5220	7830	10440	13050
9.1	2640	5280	7920	10560	13200
9.2	2670	5340	8010	10680	13350
9.3	2700	5400	8100	10800	13500
9.4	2730	5460	8190	10920	13650
9.5	2760	5520	8280	11040	13800
9.6	2790	5580	8370	11160	13950
9.7	2820	5640	8460	11280	14100
9.8	2850	5700	8550	11400	14250
9.9	2880	5760	8640	11520	14400
10.0	2910	5820	8730	11640	14550

Berdasarkan hasil tes konsumsi energi yang ditampilkan pada tabel 2 maka kita dapat membandingkan nya dengan menggunakan persamaan dan berikut :

$$\begin{aligned} SCa &= [0.777 \times (VR + (VF \times 2.15 \times 1.2 \times 1 \times 1))] + 303 + 0 \\ &= [0.777 \times (410 + (150 \times 2.15 \times 1.2 \times 1 \times 1))] + 303 + \\ 0 \\ &= [0.777 \times (410 + 387)] + 303 \\ &= [0.777 \times 797] + 303 \\ &= 619.269 + 303 \\ &= 922.269 \text{ kWh/ tahun} \end{aligned}$$

Sehingga mengacu pada indek efisisensi energi pada tabel 2.1 maka.nsumsi energi kulkas sebelum penambahan kapasitor starting dan filter LC adalah pada level kelas B dengan menggunakan persamaan (2-44) maka :

$$\begin{aligned} I_a &= 668.12 / 922.269 \times 100 \% \\ &= 72.44 \% \end{aligned}$$

Konsumsi energi kulkas sebelum penambahan kapasitor starting dan filter LC adalah pada level kelas A dengan menggunakan persamaan maka :

$$\begin{aligned} I_a &= 455.04 / 922.269 \times 100 \% \\ &= 49.33 \% \end{aligned}$$

**ANALISA HASIL PENGUJIAN  
Analisi Data Hasil Perhitungan dan Pengujian [4]**

- Dari hasil perhitungan dan pengujian , maka dapat dianalisa sebagai berikut :
- Pada rangkaian pengujian sebelum di pasang kapasitor starting arus setarting-nya relatif tinggi, hal ini dikarenakan perbedaan arus phase antara belitan utama dan belitan bantu (cos φ ) cukup rendah yaitu 0.34
- Pada rangkaian pengujian setelah dipasang kapasitor starting, maka arus starting mengalami

penurunan karena pada belitan bantu nilai induktifnya menjadi turun yang mengakibatkan terjadi kenaikan pada pergeseran phase menjadi 0.68 .

- Pada rangkaian pengujian sebelum ditambahkan rangkaian reaktor kapasitor Pf seri ( *Filter LC* ) faktor daya motor compressor (  $\cos \phi$  ) cukup rendah yaitu 0.34 dan arus *running* nya adalah sebesar 1.16 A.
- Pada rangkaian pengujian setelah ditambahkan rangkaian reaktor kapasitor Pf seri ( *Filter LC* ) yang dipasang paralel dengan motor kompressor faktor daya (  $\cos \phi$  ) mengalami peningkatan menjadi 0.98 dan arus total menjadi turun yaitu sebesar 0.4 A.
- Adanya perbedaan hasil pada perhitungan arus starting dengan pengukuran hal ini dikarenakan adanya nilai toleransi komponen yang diukur, toleransi alat ukur dan faktor lainnya yang tidak diperhitungkan dalam perhitungan seperti Tahanan PTC dan tahanan pada belitan motor yang bisa berubah karena pengaruh panas.
- Keuntungan pemakaian *Filter LC* ( Kapasitor dan reaktor seri ) adalah mampu menurunkan arus hingga 30 % dan meningkatkan faktor daya antara 90 % - 100 % .

#### **Analisis Ekonomi [4]**

Dari segi ekonomi didapat beberapa keuntungan dengan adanya penambahan kapasitor starting dan filter LC ini pada Kulkas adalah :

- Berkurangnya drop tegangan pada saat awal penyalaan Kulkas .
- Pada awal penyalaan Kulkas terjadi lonjakan arus listrik yang biasa disebut arus starting. Besarnya arus starting ini bisa mencapai 6x arus pada saat Kulkas sudah bekerja. Bisa kita perhatikan jika Kulkas pertama kali bekerja maka akan terjadi kedipan pada lampu penerangan. Lonjakan arus start yang tinggi ini mengakibatkan untuk start saja memerlukan daya yang besar akibatnya putaran kWh meter berputar lebih cepat walau untuk sesaat. Jika Kulkas sering dimatikan kemudian dinyatakan kembali maka kWh meter akan sering berputar lebih cepat.
- Daya listrik yang terpasang pada rumah tangga sangatlah terbatas sehingga apabila ingin menyalakan Kulkas saja harus mematikan peralatan listrik lainnya. Sehingga selain mereportkan hal ini juga berakibat tidak baik terhadap peralatan – peralatan listrik lainnya apabila listrik mati dan kemudian nyala kembali secara berulang-ulang jika harus bahkan bisa terjadi trip pada MCB apabila daya yang bekerja sudah melewati daya yang terpasang .
- Mengurangi pemakaian daya listrik pada saat awal penyalaan dan saat Kulkas bekerja.
- Pada saat awal penyalaan, perbedaan daya saat penyalaan Kulkas sebelum dan sesudah

penambahan kapasitor sangatlah jauh berbeda yaitu sebesar 96 watt. Sehingga satu kali penyalaan Kulkas bisa menghemat 96 watt dalam waktu 3 detik Dan pemakain daya listrik pada saat bekerja mengalami penurunan sebesar 0.5 watt .

- Berdasarkan hasil tes ISO Konsumsi energi listrik standar eropa konsumsi energi listrik per tahun mengalami penurunan setelah ditambah kapasitor dan filter LC dari 668.12 Kwh/ tahun menjadi 455.04 Kwh / tahun , biaya yang bisa dihemat (668.12 x Rp 495 ) dikurangi (455.04/Kwh/tahun x Rp 495) = Rp 105,474,-
- Meningkatkan kualitas dan mutu produk kulkas.
- Berdasarkan hasil ISO energi tes Kulkas model 600 liter *rating* energi efisiensinya meningkat dari kelas B menjadi kelas A. Dengan meningkatnya kualitas produk ini tidak menutup kemungkinan bisa meningkatkan penjualan sekaligus menambah keuntungan bagi produsen karena produk ini sudah bisa dipasarkan di eropa.
- Menurunkan *Claim service Ratio* ( Pelayanan purna jual )
- Mengacu kepada data klaim dari konsumen , kompalin konsumen mengenai trip MCB akibat awal penyalaan kulkas pun menjadi bekurang.
- Ikut serta membantu program nasional Hemat energi Listrik di pengguna rumah tangga yang dicanangkan PLN dan pemerintah

Salah satu yang bisa melakukan penghematan energi listrik adalah disisi pengguna, dengan menurunnya daya input dan membaiknya faktor daya pada kulkas, maka energi listrik yang dikonsumsi Kulkas pun otomatis bisa berkurang , hal ini sekaligus mengurangi pemborosan energi akibat faktor daya yang rendah dan beban konsumsi energi listrik yang harus disuplai oleh PLN ikut berkurang .

#### **Kesimpulan**

- Dari pembahasan bab-bab sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :
- Faktor daya (  $\cos \theta$  ) *starting* pada motor satu phase (motor phase belah ) dapat diperbaiki dengan menambahkan kapasitor pada rangkaian motor dengan nilai yang disesuaikan dengan belitan starting.
- Dengan membaiknya faktor daya , maka Arus *starting* motor mengalami penurunan dibandingkan dengan sebelum ditambahkan kapasitor .
- Faktor daya (  $\cos \theta$  ) *running* pada motor satu phase (motor phase belah ) dapat diperbaiki dengan menambahkan *Filter LC* berupa reaktor dan kapasitor pf yang dirangkai paralel pada rangkaian motor dengan nilai yang disesuaikan dengan kebutuhan.
- Rangkaian *Filter LC* mampu memperbaiki faktor daya antara 95 % sampai 100 % sehingga arus *running* motor mengalami penurunan setelah

## Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2010 Bidang Teknik Elektro

- dipasang *filter* LC dibandingkan dengan sebelum penambahan *filter* LC
- Pada Filter LC fungsi reaktor tidak terlalu berpengaruh terhadap perbaikan faktor daya maupun terhadap penurunan arus.
  - Dengan membaiknya faktor daya ( $\cos \theta$ ) dan enurannya arus baik pada saat *starting* maupun *running* maka otomatis mampu mengurangi konsumsi daya motor sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] "*Refrigerator Technical Guide Book*", LG Electronics Inc Korea, 2008,
- [2] Lister, "*Mesin dan Rangkaian Listrik*", Cetakan keenam, Erlangga Jakarta, 1993,
- [3] Hara, Supratman, "*Refrigerasi dan pengkondisian Udara*", Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta, 1992,
- [4] Fink, Donal DG, "*Standard Hand book For Electrical Engineer*", Eleven Edition, USA, 1978
- [5] Zuhail, "*Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*", PT Gramedia Pustaka Utama Jakarta, 1992
- [6] Wijaya, Mochtar, "*Dasar-Dasar Mesin Listrik*", Djambatan, Jakarta, 2001