

Mereduksi Harmonisa Pada Alat Terapi Ceragem Dengan *Single-Tuned Passive Filter*

Faisal Irsan Pasaribu

ABSTRAK

Penggunaan beban non-linier pada ceragem mengakibatkan distorsi harmonik yang berdampak pada buruknya kualitas daya. Pada penelitian ini, dirancang sebuah *single-tuned passive filter* untuk mengatasi distorsi harmonik pada beban ceragem di pengaturan suhu 60° C. Tahapan yang dilakukan yaitu: identifikasi jenis beban suhu 30° C, 40° C, 50° C dan 60° C pada ceragem dengan melakukan pengukuran harmonik, serta melakukan simulasi uji coba filter. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa filter hasil yang dirancang dapat berfungsi dengan baik, dari pengujian terhadap beban ceragem di suhu 60° C terdapat reduksi harmonik arus yaitu dari 133,8 % menjadi 17 %.

Kata Kunci : *single-tuned passive filter*, harmonik ceragem, suhu.

ABSTRACT

The use of non-linear loads on ceragem harmonic distortion resulting impact on the poor power quality. In this study, designed a single-tuned passive filters to cope with the load harmonic distortion temperature setting ceragem at 60 °C. Stages made is the identification of the type of load temperature of 30 °C , 40 °C, 50 °C and 60 °C on ceragem by performing harmonic measurements, as well as carry out simulation test filters. From the test results it can be seen that the filter results are designed to function properly , the burden of testing ceragem at 60 °C temperature reduction of harmonic currents which are from 133.8% to 17%.

Key words : *single-tuned passive filters*, harmonik ceragem, temperature.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan listrik dari suatu negara adalah dua kali dari pertumbuhan ekonominya. Dengan adanya pertumbuhan ekonomi, maka daya beli masyarakat juga meningkat. Meningkatnya daya beli ini ditandai dengan semakin banyaknya peralatan-peralatan elektronik yang beredar di masyarakat, seperti di bidang kesehatan salah satunya peralatan elektronik yang digunakan adalah ceragem.

Ceragem merupakan alat terapi keluarga yang dirancang secara modern dengan menggunakan perpaduan ilmu kesehatan timur dan barat seperti urut, kop, sinar infra merah jauh serta *chiropractic*. Ceragem merupakan alat pijat thermal (panas) otomatis yang menggabungkan pijat dan urut dengan radiasi kehangatan sinar infra merah (*efekmoxibustion*), yang dipancarkan melalui batu giok yang dihasilkan oleh cahaya bola lampu dan *panel*

karbon epoxy untuk pengembalian fungsi seluruh tubuh.

Ketergantungan masyarakat terhadap alat terapi tidak diragukan lagi walaupun saat ini dilihat dari segi biaya alat terapi ceragem ini masih relatif terjangkau masyarakat menengah keatas. Tetapi dilihat dari segi pemanfaatannya ceragem ini efisien dan hemat dalam pemakaiannya dibanding alat terapi lainnya.

Tetapi di sisi lain, penggunaan ceragem mempunyai pengaruh dalam sistem listrik. Ceragem diperkirakan merupakan salah satu contoh dari beban non linier, karena menggunakan komponen-komponen elektronika sebagai pengendali temperatur yang ditimbulkan akibat cahaya bola lampu yang diserap oleh batu giok. Adanya harmonisa ini menyebabkan gelombang arus dan tegangan menjadi cacat dan tidak sinusoidal lagi [1].

Berbagai penelitian yang berkaitan dengan alat pemanas kesehatan telah banyak dilakukan, sebatas pada cara kerja alat, seperti yang dilakukan oleh :

Hwan Sung Lee tahun 2002 yang membahas tentang cara kerja alat pemanas kesehatan, kegunaan alat yang dirancang menggunakan roller yang bergerak secara horizontal [3], Sang-bok Lee dan Taejon tahun 2002 yang dibahas tentang perancangan alat terapi panas secara otomatis menggunakan motor [4], Mi-ja Park dan Yeongi-Gun tahun 2004 yang dibahas tentang perancangan alat terapi panas yang memiliki tombol akupresur yang dapat memancarkan super-konduktif dan inframerah-jauh [5]. Penelitian lainnya tentang peralatan medis yaitu Pratolo Rahardjo tahun 2010 yang dibahas tentang perancangan sebuah *prototipe* alat pengendali temperatur untuk proses *pasteurisasi* alat-alat medis [6], Lin dan Kevin, tahun 2011 yang dibahas tentang perancangan unit perangkat kontrol daya fisioterapi yang dapat diatur menggunakan komponen-komponen elektronik sehingga nyaman bagi pengguna [7], Tymchik G.S,

Filippova M.V dan Matviienko S.N yang dibahas tentang penggunaan peralatan terapi *microwave resonansi* melalui diagnosa frekuensi getaran molekul tubuh dan elektromagnetik [8].

Oleh karena itu, peneliti hendak meneliti peralatan elektronik untuk kesehatan dan menganalisa pengaruh perubahan temperatur (suhu) terutama pada alat pemanas kesehatan ceragem yang diperkirakan menimbulkan harmonisa dengan melakukan terlebih dahulu pengukuran THDv, THDi dan IHDi.

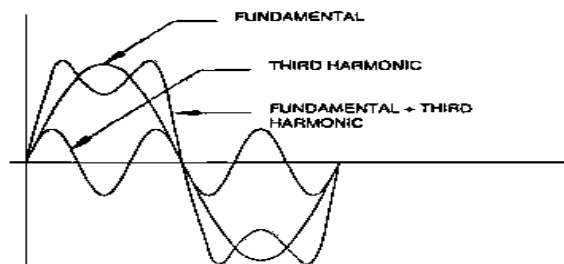
II. DAFTAR PUSTAKA

2.1 Harmonisa

Harmonisa merupakan gangguan yang dalam distribusi tenaga listrik yang disebabkan oleh adanya distorsi gelombang arus dan tegangan yang menyebabkan adanya pembentukan gelombang-gelombang yang tidak sinusoidal atau dengan frekuensi kelipatan bulat dari frekuensi fundamentalnya. Sehingga harmonisa dapat menyebabkan cacat gelombang atau cacat Harmonisa adalah perubahan bentuk gelombang akibat adanya komponen frekuensi tambahan. Banyaknya aplikasi beban non linier pada sistem tenaga listrik telah membuat arus menjadi sangat terdistorsi dengan persentase harmonisa arus, Tingginya persentase kandungan harmonisa arus *Total Harmonic Distortion* atau disingkat dengan THD pada suatu sistem tenaga listrik dapat menyebabkan timbulnya beberapa persoalan harmonisa yang serius pada sistem kelistrikan, menimbulkan berbagai macam kerusakan pada peralatan listrik yang *sensitive* dan menyebabkan penggunaan energi listrik tidak teratur [9], [10], [11].

$$THD \text{ tegangan: } THDv = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$THD \text{ arus: } THDi = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$



Gambar 1. Gambar Gelombang Perpaduan antara gelombang Harmonisa dengan gelombang Normal (Ideal) [1], [2]

2.2 Pengaruh Penggunaan Peralatan Elektronika Daya Terhadap Harmonisa

Rangkaian elektronika daya merupakan suatu rangkaian listrik yang dapat mengubah sumber daya listrik dari bentuk gelombang tertentu (seperti bentuk gelombang *sinusoidal*) menjadi sumber daya listrik dengan bentuk gelombang lain (seperti gelombang *non-sinusoidal*) dengan menggunakan piranti semi-konduktor daya. Semi-konduktor daya memiliki peran penting dalam rangkaian elektronika daya. Semi-konduktor daya dalam rangkaian elektronika daya umumnya dioperasikan sebagai pensakelar (*switching*), pengubah (*converting*), dan pengatur (*controlling*) sesuai dengan unjuk kerja rangkaian elektronika daya yang diinginkan. Penggunaan peralatan elektronika daya juga dapat merusak kualitas tegangan dan arus sistem pada titik-titik tertentu di jaringan sistem tenaga. Pada titik-titik tersebut ditemukan komponen tegangan dan arus dengan frekuensi-frekuensi kelipatan dari frekuensi fundamental, sehingga menimbulkan harmonisa [1],[12]. Penggunaan peralatan elektronika daya sebagai pensakelar (*switching*), pengubah (*converting*), dan pengatur (*controlling*) biasanya menggunakan komponen semi-konduktor salah satunya *Dioda*, *MOSFET* dan lainnya . *MOSFET* merupakan komponen aktif elektronika yang memiliki

tiga terminal yaitu *gate*, *source* dan *drain*. *MOSFET* (*metal oxyde semiconductor field effect transistor*) merupakan transistor yang memakai efek medan listrik saat melakukan switching [13].

Di dalam perubahan nilai beban ataupun tegangan yang sering terjadi juga akan mempengaruhi, arus serta frekuensi , terutama misalnya pada rangkaian dimmer lampu dan sistem kendali atau sistem kontrol [6]. Pemakaian rangkaian dimmer lampu diperlukan pengaturan penerangan, baik untuk faktor kenyamanan maupun efisiensi pemakaian energi listrik. Untuk persamaan hubungan energi listrik terhadap arus dan beban dalam lamanya waktu yaitu sebagai berikut [14] :

$$W = I^2 \cdot R \cdot t \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

W = energi listrik (*joule* atau *watthour*)

I = arus listrik (*ampere*)

t = waktu (detik)

Pengaturan dalam penerangan tersebut sering disebut kontrol terang-redup/*dimmer*. Kontrol terang-redup menggunakan prinsip-prinsip : pengaturan tegangan masukan, pengaturan arus, atau pengaturan sudut fasa. Dengan pengaturan penerangan dimungkinkan penghematan energi listrik, tetapi juga berakibat perubahan kenaikan panas pada penghantar maupun pada filamen lampu. Untuk persamaan perubahan temperatur (suhu) dapat dinyatakan sebagai berikut [14] :

$$R = R_o + R_o \cdot \alpha \cdot (t - t_o) \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

R = hambatan yang mengalami perubahan suhu (Ω)

Ro = hambatan pada suhu awal (Ω)

α = koefisien suhu hambatan ($1/^\circ\text{C}$)

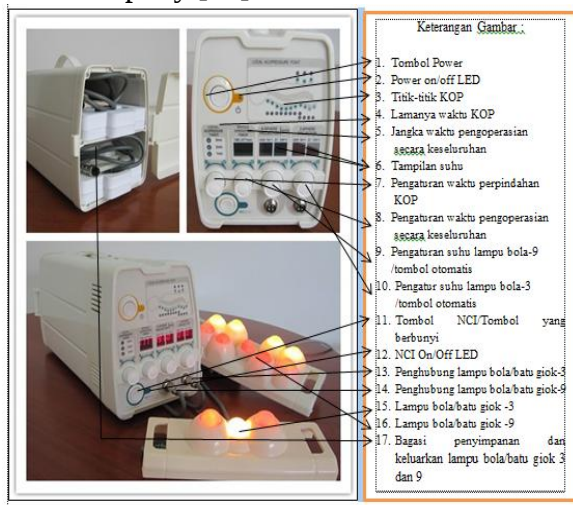
t = suhu akhir ($^\circ\text{C}$)

to = suhu awal (suhu ruang 20°C)

2.3 Ceragem

Ceragem merupakan alat pijat thermal otomatis yang menggabungkan pijat dan urut dengan radiasi kehangatan

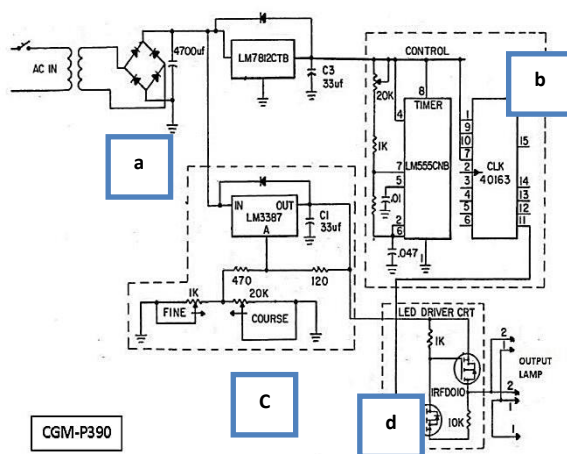
sinar infra merah (efek Moxibustion), yang dipancarkan melalui batu giok dan Panel Karbon Epoxy [16].



Gambar 2. Ceragem [16]

Komponen Ceragem :

1. Bagian utama (Komponen pengendalian dan pengontrol panas)
 - a. Rangkaian Penyearah
 - b. Rangkaian Kontrol
 - c. Rangkaian Penggerak
 - d. Rangkaian Pengendali
2. Output pemanas ceragem
 - a. Bola-3
 - b. Bola-9



Gambar 3. Komponen Ceragem [16]

a. Rangkaian Penyearah

Pada rangkaian Penyearah yang digunakan menggunakan 5 dioda penyearah ,2 kapasitor elektrolic yang berfungsi meratakan arus dan

IC regulator tegangan LM7812CTB dengan tegangan yang tetap pada 12 volt DC.

b. Rangkaian Kontrol

Rangkaian kontrol dapat dibangun memanfaatkan IC 555 (IC Timer) yang dirangkai sebagai *multivibrator monostabil* atau disebut pembangkit frekuensi/pulsa dimana kita dapat mengendalikan waktu. Lamanya waktu output berada dalam kondisi tinggi ditentukan oleh besarnya nilai kapasitor dan tahanan pada IC 555 .Lebar pulsa (T) adalah suatu selang waktu pada saat tegangan output tinggi yang diterima dari rangkaian penyearah.

$$T = 1,1 \times R \times C \dots \dots \dots (5)$$

dimana :

T = Perioda Waktu (detik)

R = Nilai tahanan yang di pakai (ohm)

C = Besar kapasitas yang dipergunakan (Farrad)

Rangkaian kontrol juga menggunakan IC CLK 40163 sebagai penguat tegangan yang dapat diatur melalui IC 555 seberapa lama tegangan tersebut bekerja.

c. Rangkaian penggerak

Rangkaian Penggerak pada alat ceragem merupakan penggerak tegangan dengan daya besar melalui komponen IC LM338T yang akan diteruskan ke rangkaian pengendali. LM338T adalah regulator tegangan positif (*positive voltage regulator*) 3-terminal yang mampu memasok hingga 5A dengan rentang tegangan keluaran yang lebar antara 1,2 Volt hingga 32 Volt. Komponen IC ini sangat mudah digunakan dan hanya memerlukan 2 resistor untuk mengatur tegangan keluaran. Sirkuit pada komponen ini dirancang dengan seksama untuk mengatasi beban yang besar dengan kinerja pengaturan tegangan yang sangat baik.

Sebuah fitur unik dari keluarga LM138/338 adalah adanya pembatas arus berbasis waktu. Rangkaian pembatas ini memungkinkan arus puncak hingga 12 A yang bisa ditarik dari *regulator* untuk jangka waktu yang singkat . Hal ini memungkinkan komponen

elektronika ini untuk digunakan dengan beban *transient* berat dan mempercepat proses memulai (*start-up*) pada kondisi beban penuh. Dalam kondisi beban berkelanjutan, rangkaian pembatas akan menurunkan arus ke nilai yang aman untuk melindungi regulator. Juga disertakan rangkaian perlindungan terhadap suhu yang berlebihan (*thermal protection circuit*) dan daerah perlindungan yang aman untuk transistor daya. *LM338T* dikemas dalam bentuk *TO-3P* dengan jangkauan suhu operasional antara $0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq 125^{\circ}\text{C}$ [13].

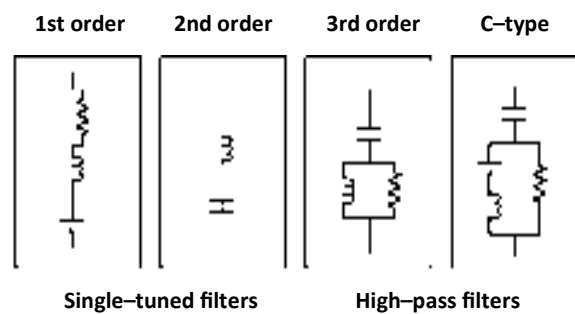
d. Rangkaian Pengendali

Rangkaian pengendali pada alat ceragem menggunakan komponen *MOSFET*. *MOSFET* merupakan komponen semikonduktor daya yang memiliki tiga terminal, yaitu: gerbang, sumber (*source*), dan pengalir (*drain*). *MOSFET* bekerja atas dasar prinsip kendali-tegangan (*voltage-driven*).

MOSFET, karakteristik *MOSFET* dan karakteristik ideal *MOSFET* sebagai sakelar. Rangkaian pengaturan *ON* dan *OFF* dengan piranti *MOSFET* lebih mudah dibandingkan piranti transistor. Jika pada terminal gerbang-sumber dicatu tegangan yang cukup besar maka piranti akan *ON*, sehingga menghasilkan tegangan yang kecil antara terminal pengalir-sumber. Dalam kondisi *ON*, perubahan tegangan pada terminal pengalir-sumber berbanding lurus dengan arus pada terminal pengalirnya. Jadi, terminal pengalir-sumber memiliki resistansi sangat kecil pada saat kondisi *ON* [13].

2.4. Filter Pasif

Filter Pasif adalah suatu rangkaian yang dipergunakan untuk membuang tegangan output pada frekuensi tertentu. Untuk merancang filter pasif dapat digunakan komponen pasif (*R,L,C*) dan komponen aktif (*op-amp*, transistor).



Gambar 4. Rangkaian Filter Pasif [1]

Prinsip kerja dari filter pasif adalah mengalirkan arus orde tertentu dari sumber harmonisa (beban *non linier*) melalui jaringan filter. Untuk memaksa arus orde tertentu mengalir ke jaringan filter, besar kapasitor harus diatur agar terjadi resonansi pada jaringan, sehingga harga impedansi saluran akan minimum karena hanya tinggal komponen resistansi saja. Disamping dapat mengurangi harmonisa, *single-tuned passive filter* juga dapat memperbaiki *power factor* [1].

Langkah-langkah Merancang *single-tuned filter* adalah [1]:

* Menentukan ukuran kapasitas kapasitor Q_c berdasarkan kebutuhan daya reaktif untuk perbaikan faktor daya. Daya reaktif kapasitor adalah :

$$Q_c = P \{ \tan(\cos^{-1} pf_1) - \tan(\cos^{-1} pf_2) \} \quad ..(6)$$

dimana :

P = beban (kW)

pf_1 = faktor daya mula-mula sebelum diperbaiki

pf_2 = faktor daya setelah diperbaiki

* Menentukan Reaktansi kapasitor :

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \quad \dots\dots\dots (7)$$

* Menentukan kapasitansi dari kapasitor :

$$C = \frac{1}{2\pi f_o X_C} \dots\dots\dots (8)$$

* Menentukan Reaktansi Induktif dari Induktor :

$$X_L = \frac{X_C}{h_n^2} \dots\dots\dots (9)$$

* Menentukan Induktansi dari Induktor :

$$L = \frac{X_L}{2\pi f_o} \dots\dots\dots (10)$$

* Menentukan reaktansi karakteristik dari filter pada *orde tuning* :

$$X_n = h_n X_L \dots\dots\dots (11)$$

* Menentukan Tahanan (R) dari induktor :

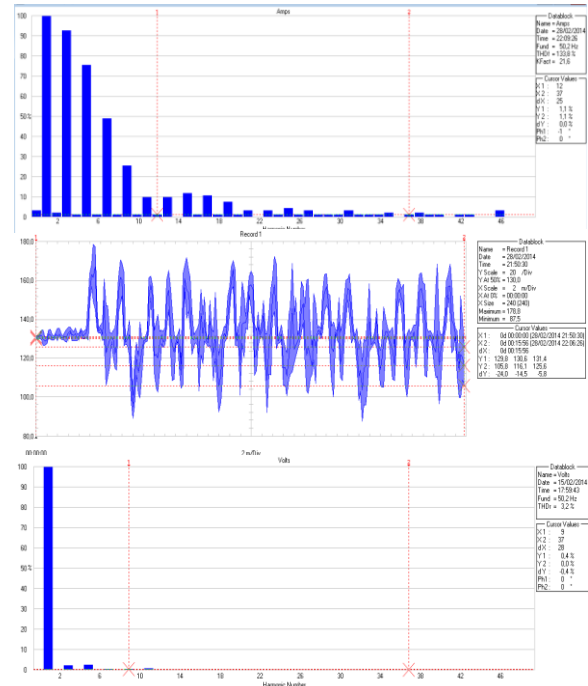
$$R = \frac{X_n}{Q} \dots\dots\dots (12)$$

III. PERENCANAAN SISTEM

3.1 Teknis Pengukuran Yang Dilakukan
Perancangan filter dilakukan setelah melakukan pengukuran pada alat terapi ceragem untuk mengetahui besar nilai harmonisa yang terkandung didalamnya. Pengukuran dan pengambilan data dilakukan di Medan. Pengukuran dan pengambilan data dilakukan pada 4 perubahan suhu alat terapi ceragem. Dari data yang diambil dari pengukuran, peneliti akan merancang filter pada suhu alat terapi ceragem 60 °C. Dengan objek penelitian berupa tingkat individual distorsi harmonisa arus (IHDi) yang melebihi standart *IEC 61000-3-2* kelas C. Pengukuran menggunakan alat ukur *Fluke 43B power Quality Analyzer*, yang hasilnya sebagai berikut :

Tabel 1 Data Hasil Pengukuran

Parameter	Satuan	Pengaturan Suhu Ceragem			
		30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
U (Phase Voltage)	Volt	213,7	213,7	214,1	214,3
I (Phase Current)	Ampere	0,05	0,06	0,14	0,30
S (Apparent Power)	KVA	0,01	0,02	0,02	0,07
P (Active Power)	KW	0,009	0,01	0,03	0,06
Q (Reactive Power)	KVAR	0,01	0,02	0,03	0,07
PF (Power Factor)		0,46	0,48	0,56	0,59
Freq	Hz	50,3	50,2	50,2	50,2
THDv	%	3,7	3,5	2,7	3,2
THDi	%	103,1	128,7	130,4	133,8
IHDi 1	%	100	100	100	100
IHDi 2	%	6,3	7,7	5,1	2,1
IHDi 3	%	43,8	61,5	79,5	92,6
IHDi 5	%	50	69,2	76,9	75,5
IHDi 7	%	37,5	46,2	53,8	48,9
IHDi 9	%	37,5	38,5	35,9	25,5
IHDi 11	%	37,5	38,5	15,4	9,6
IHDi 13	%	18,8	30,8	7,7	9,6
IHDi 15	%	18,8	7,7	2,6	11,7
IHDi 17	%	6,3	7,7	0	10,6
IHDi 19	%	6,3	7,7	2,6	7,4
IHDi 21	%	6,3	0	2,6	3,2
IHDi 23	%	12,5	15,4	2,6	3,2
IHDi 25	%	6,3	15,4	2,6	4,3
IHDi 27	%	0	0	2,6	3,2
IHDi 29	%	0	0	5,1	4,3
IHDi 31	%	6,3	15,4	0	3,2
IHDi 33	%	0	7,7	2,6	1,1
IHDi 35	%	0	0	2,6	2,1
IHDi 37	%	6,3	0	2,6	1,1
IHDi 39	%	0	0	2,6	1,1



Gambar 5. Spektrum THDi, sinyal harmonisa THDi dan Spektrum THDv hasil pengukuran selama 16 menit pada temperatur ceragem di posisi 60 °C

Klasifikasi Arus Harmonisa Ceragem Berdasarkan Standar *IEC61000-3-2* Kelas C

Tabel 2 Data Arus Harmonisa pengukuran berdasarkan IEC 61000-3-2 Kelas C

Harmonisa ke (n)	Arus harmonisa maksimum yang diizinkan (% fundamental)	Arus harmonisa pengukuran (% fundamental)	Keterangan
3	30 x pf = 30 x 0,59 = 17,7	92,6	Tidak sesuai standart
5	10	75,5	Tidak sesuai standart
7	7	48,9	Tidak sesuai standart
9	5	25,5	Tidak sesuai standart
11 ≤ n ≤ 39			
13	3	9,6	Tidak sesuai standart
15	3	11,7	Tidak sesuai standart
17	3	10,6	Tidak sesuai standart
19	3	7,4	Tidak sesuai standart
21	3	3,2	Tidak sesuai standart
23	3	3,2	Tidak sesuai standart
25	3	4,3	Tidak sesuai standart
27	3	3,2	Tidak sesuai standart
29	3	1,1	sesuai standart
31	3	3,2	Tidak sesuai standart
33	3	1,1	sesuai standart
35	3	2,1	sesuai standart
37	3	1,1	sesuai standart
39	3	1,1	sesuai standart

3.2 Perhitungan Single-Tuned Passive Filter

Dalam menentukan besarnya parameter *Single-Tuned Passive Filter* yang dibutuhkan terlebih dahulu ialah pengukuran dari orde harmonisa arus yang tidak sesuai standar *IEC61000-3-2* Kelas C pada Ceragem 60 °C. Dari tabel 2 diperoleh orde harmonisa ke-3 sampai ke-27 dan harmonisa ke-31 tidak sesuai dengan standart *IEC 61000-3-2*, oleh

karena itu *Single-Tuned Passive Filter* yang digunakan adalah *Single-Tuned Passive Filter* untuk harmonisa ke-3 dikarenakan harmonisa ke-3 yang lebih tinggi dibandingkan harmonisa ganjil lainnya yaitu 92,6 %. Data Pengukuran Ceragem dengan suhu 60 °C untuk harmonisa orde ke-3 adalah sebagai berikut:

- Tegangan RMS pengukuran (V) = 214.3 Volt
- Arus RMS pengukuran (I) = 0.30 Ampere
- Daya Aktif (P) = 60 Watt
- Daya Reaktif (Q) = 70 VAR
- Faktor Daya (pf1) = 0.59
- Frekuensi = 50.2 Hz

Diasumsikan bahwa faktor daya diperbaiki (pf2) menjadi 0,95. Untuk menghitung kapasitas kapasitor yang dibutuhkan dihitung menggunakan Persamaan (2.11) yaitu:

$$Q_C = P \{ \tan(\cos^{-1} pf_1) - \tan(\cos^{-1} pf_2) \}$$

Maka:

$$\begin{aligned} Q_C &= P \{ \tan(\cos^{-1}(0,59)) - \tan(\cos^{-1}(0,95)) \} \\ &= 60 \{ \tan(\cos^{-1}(0,59)) - \tan(\cos^{-1}(0,95)) \} \\ &= 60 \{ \tan(53,843^\circ) - \tan(18,194^\circ) \} \\ &= 60 \{ (1,36848) - (0,3286) \} \\ &= 60 \{ 1,0397 \} \\ &= 62,387 \text{ VAR} \\ &\approx 63 \text{ VAR} \approx 0.063 \text{ KVAR} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan Persamaan (7) dan (8), besar reaktansi kapasitif dan kapasitansi dari *Single-Tuned Passive Filter* orde-3 adalah :

$$X_C = \frac{V^2}{Q_C} = \frac{214,3^2}{63} = 728,96 \ \Omega$$

$$\begin{aligned} C &= \frac{1}{2 \pi f_0 X_C} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 50 \times 728,96} \\ &= 4,37 \times 10^{-6} \text{ F} = 4,37 \ \mu\text{F} \end{aligned}$$

Mengingat bahan baku yang tersedia dipasar tidak ada nilai 4,37 μF , maka kualitas bahan dinaikan menjadi 10 μF .

Dengan menggunakan Persamaan (9) dan (10), besar reaktansi induktif dan induktansi dari *Single-Tuned Passive Filter* orde-3 adalah:

$$X_L = \frac{X_C}{h_n^2} = \frac{728,96}{3^2} = 80,99 \ \Omega$$

$$L = \frac{X_L}{2 \pi f_0} = \frac{80,99}{2 \times 3,14 \times 50} = 0,2579 \text{ H}$$

Dengan mengasumsikan faktor kualitas *Passive Single-Tuned Filter* (Q) = 900, maka dengan menggunakan Persamaan (12), besar resistor *Passive Single-Tuned Filter* orde-3 adalah:

$$R = \frac{X_n}{Q}$$

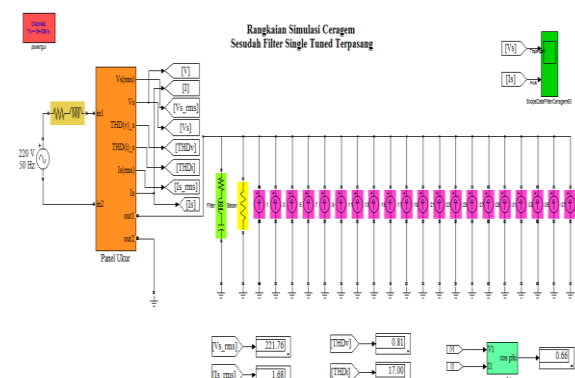
$$R = \frac{h \times X_L}{Q} = \frac{3 \times 80,99}{90} = 2,699 \ \Omega$$

Dari perhitungan diatas diperoleh parameter *Passive Single-Tuned Filter* adalah

C = 10 μF , L = 0,2579 H, dan R = 2,699 Ω .

3.3 Rangkaian Simulasi Pemasangan *Single-Tuned Passive Filter*

Rangkaian simulasi *Single-Tuned Passive Filter* pada Gambar 6 disimulasikan menggunakan program MATLAB/Simulink. Rangkaian simulasi tersebut terdiri dari satu buah *Single-Tuned Passive Filter*, sebuah resistor dan individual distorsi harmonisa arus (IHDI) orde ke-1 sampai dengan orde ke-39. *Single-Tuned Passive Filter* terdiri dari sebuah kapasitor, induktor, dan resistor yang terhubung secara seri dan nilainya telah diperhitungkan sebelumnya. *Single-Tuned Passive Filter* dihubungkan secara paralel terhadap sistem.

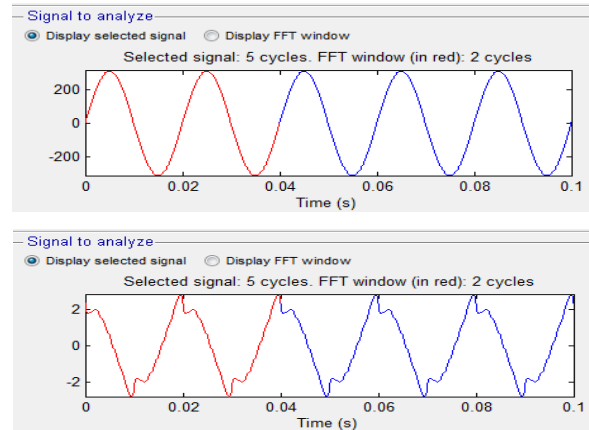


Gambar 6. Rangkaian Simulasi Pemasangan Filter

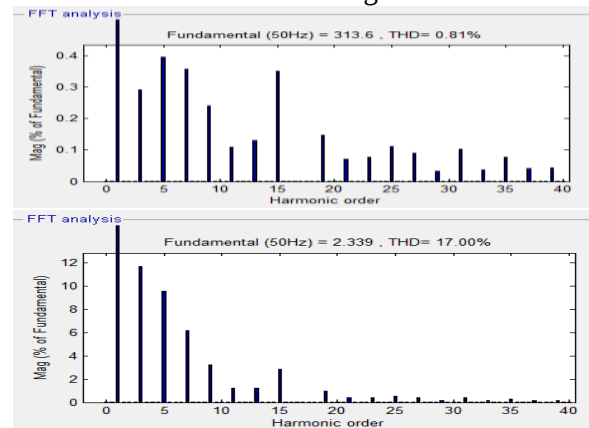
IV. HASIL SIMULASI

4.1 Setelah Pemasangan Filter

Hasil simulasi dari rangkaian Gambar 6 diperoleh grafik keluaran arus dan tegangan seperti gambar 7 , berikut :



Gambar 7 Grafik Tegangan dan Arus Setelah Pemasangan Filter



Gambar 8 Spektrum Tegangan dan Arus Setelah Pemasangan Filter

Tabel 3 Data Hasil Simulasi Setelah Pemasangan Filter

Parameter	Satuan	Data Hasil Simulasi
V (Phase Voltage)	Volt	221.76
I (Phase Current)	Ampere	1,68
Frekuensi	Hz	50
Cos Phi	-	0.66
THDv	%	0.81
THDi	%	17,00
Orde-1	%	100
Orde-3	%	11,68
Orde-5	%	9,54
Orde-7	%	6,18
Orde-9	%	3,23
Orde-11	%	1,21
Orde-13	%	1,21
Orde-15	%	2,82
Orde-17	%	0,00
Orde-19	%	0,94
Orde-21	%	0,40
Orde-23	%	0,40
Orde-25	%	0,54
Orde-27	%	0,40
Orde-29	%	0,14
Orde-31	%	0,40
Orde-33	%	0,14
Orde-35	%	0,27
Orde-37	%	0,14
Orde-39	%	0,14

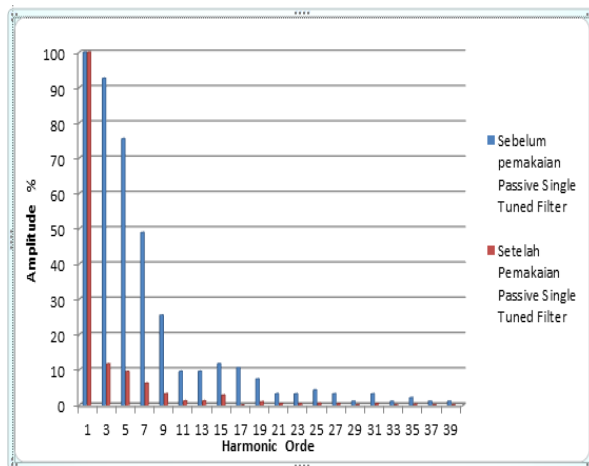
4.2. Penggunaan Filter *Single-Tuned Passive Filter* Untuk Mengurangi Arus Harmonisa Ceragem

Pada simulasi penggunaan filter *Single-Tuned Passive Filter* untuk beban Ceragem suhu 60°C dengan data simulasi disesuaikan dengan data pengukuran. Diperoleh bahwa dengan menggunakan filter *Single-Tuned Passive Filter* maka IHDi pada harmonisa orde-3 sebelum pemakaian filter 92,6 % dapat diturunkan menjadi 11,68 %. Arus harmonisa Ceragem suhu 60°C pada orde-3 sebelum pemakaian filter diketahui tidak memenuhi standart, setelah pemakaian *Single-Tuned Passive Filter* harmonisa orde-3 memenuhi standart *IEC 61000-3-2* kelas C. Seperti yang diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil simulasi IHDi sebelum dan sesudah pemasangan *Single-Tuned Passive Filter*

Orde Harmonisa	Batasan Arus Harmonisa Standart IEC 61000-3-2 Kelas C (65 Watt) (%)	Arus Harmonisa Sebelum Pemakaian <i>Single-Tuned Passive Filter</i> (%)	Arus Harmonisa Setelah Pemakaian <i>Single-Tuned Passive Filter</i> (%)	Keterangan
Orde-3	30 x pf = 17,7	92,6	11,68	Sesuai
Orde-5	10	75,5	9,54	Sesuai
Orde-7	7	48,9	6,18	Sesuai
Orde-9	5	25,5	3,23	Sesuai
Orde-11	3	9,6	1,21	Sesuai
Orde-13	3	9,6	1,21	Sesuai
Orde-15	3	11,7	2,82	Sesuai
Orde-17	3	10,6	0,00	Sesuai
Orde-19	3	7,4	0,94	Sesuai
Orde-21	3	3,2	0,40	Sesuai
Orde-23	3	3,2	0,40	Sesuai
Orde-25	3	4,3	0,54	Sesuai
Orde-27	3	3,2	0,40	Sesuai
Orde-29	3	1,1	0,14	Sesuai
Orde-31	3	3,2	0,40	Sesuai
Orde-33	3	1,1	0,14	Sesuai
Orde-35	3	2,1	0,27	Sesuai
Orde-37	3	1,1	0,14	Sesuai
Orde-39	3	1,1	0,14	Sesuai

Pada Gambar 9 berikut, ditunjukkan bahwa diagram perbandingan arus harmonisa (*IHDi*) sebelum dan setelah pemakaian *Single Tuned Passive Filter*.



Gambar 9. Diagram perbandingan arus harmonisa sebelum dan setelah pemakaian *Single-Tuned Passive Filter*

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Besar parameter *Single-Tuned Passive Filter* nilai $C = 10 \mu\text{F}$, $L = 0,258 \text{ H}$, dan $R = 2,699 \Omega$ yang dapat mereduksi harmonisa pada Ceragem 60°C . Besar nilai individual distorsi harmonisa arus (*IHDI*) sesuai dengan standar *IEC 61000-3-2 Kelas C*.

Nilai arus harmonisa orde ke-3 berkurang dari 92,6 % menjadi 11,68 %, arus harmonisa orde ke-5 berkurang dari 75,5% menjadi 9,54 %, arus harmonisa orde ke-7 berkurang dari 48,9 % menjadi 6,18 %, arus harmonisa orde ke-9 berkurang dari 25,5 % menjadi 3,23 %, arus harmonisa orde ke-11 berkurang dari 9,6 % menjadi 1,21 %, arus harmonisa orde ke-13 berkurang dari 9,6 % menjadi 1,21 %, arus harmonisa orde ke-15 berkurang dari 11,7 % menjadi 2,82 %, arus harmonisa orde ke-17 berkurang dari 10,6 % menjadi 0 %, arus harmonisa orde ke-19 berkurang dari 7,4 % menjadi 0,94 %, arus harmonisa orde ke-21 berkurang dari 3,2 % menjadi 0,40 %, arus harmonisa orde ke-23 berkurang dari 3,2 % menjadi 0,40 %, arus harmonisa orde ke-25 berkurang dari 4,3 % menjadi 0,54 %, arus harmonisa orde ke-27 berkurang dari 3,2 % menjadi 0,40 %, arus harmonisa orde ke-29 berkurang dari 1,1 % menjadi 0,14 %, arus harmonisa orde ke-31

berkurang dari 3,2 % menjadi 0,40 %, arus harmonisa orde ke-33 berkurang dari 1,1 % menjadi 0,14 %, arus harmonisa orde ke-35 berkurang dari 2,1 % menjadi 0,27 %, arus harmonisa orde ke-37 berkurang dari 1,1 % menjadi 0,14 %, arus harmonisa orde ke-39 berkurang dari 1,1 % menjadi 0,14 %.

Untuk nilai *THDv* ceragem untuk suhu 60°C sebelum di pasang filter yaitu 3,24 % berkurang menjadi 0,81 % setelah dipasang *single-tuned passive filter*, dan nilai *THDi* ceragem untuk suhu 60°C sebelum di pasang filter yaitu 133,84 % berkurang menjadi 17,00 % setelah dipasang *single-tuned passive filter*.

5.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pereduksian harmonisa *Ceragem* dengan menggunakan jenis filter yang lainnya. Disarankan pula untuk peneliti selanjutnya melakukan analisa penggunaan filter untuk beban *non linier* lainnya.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] De La Rosa, Fransisco, *Harmonics And Power Systems Distribution Control Systems*, Inc. Hazelwood, Missouri, U.S.A, 2006
- [2] J.L. Hernández, MA. Castro, J. Carpio and A. Colmenar, *Harmonics in Power Systems. International Confrence Renewable Energies and Power Quality*, 15th-17th, April, 2009
- [3] Lee Hwan Sung, *Mat for Hot Compress And Acupressure Mounted With New Type Hyperthermo – Radioactive Apparatus*, United States Patent Application Publication, May 16, 2002
- [4] Lee Sang - bok, Taejon, *Apparatus For Rising And Failing Medicator Of Automatic Hot – Heat Treatment Device*, United States Patent Application Publication, September 24, 2002
- [5] Mi-ja Park, Yeongi-Gun, *Thermal Therapy Device And Therapy System Using The Same*, United States Patent Application Publication, April 29, 2004

- [6] Pratolo Rahardjo, *Sistem Pengendali Temperatur Untuk Proses Pasteurisasi Alat – Alat Medis*, Jurnal Teknologi Elektro, Vol 9 No 1 Januari-Juni 2010
- [7] Lin, Kevin, *Portable Physical Therapy Device For Far-Infrared Ray Diathermal Moxibustion*, European Patent Application, 2011
- [8] Tymchik G.S., Filippova M.V., Demchenko M.A., Matvienko S.N., *Diagnostic and treatment equipment for treatment with MRT with the function of synchronization with the biorhythms of the patient's EMR*, XV International PhD Workshop OWD, 19–22 October 2013
- [9] A. Priyadharsani, N. Devarajan, A R. Umasaranya, R. Anitt, *Survey of Harmonics In Non Linear Loads*, International Journal of Recent Tecnology and Engineering, April 2012.
- [10] Supri Hardi, Yaman, *Peredaman Harmonisa Dan Perbaikan Faktor Daya Aplikasi Beban Rumah Tangga*, Jurnal Litek (ISSN: 1693-8097) Vol. 10 No 1 : Hal. 35 - 42, Maret 2013.
- [11] Heri Sungkowo, *Perancangan Filter Pasif Single Tuned Filter Untuk Mereduksi Harmonisa Pada Beban Non Linier*, Jurnal Eltek (ISSN 1693-4024), Vol 11 No 1, April 2013
- [12] Haroon Farooq, Chengke Zhou, Mohamed Emad Farrag “ *Analyzing the Harmonic Distortion in a Distribution System Caused by the Non - Linear Residential Loads*” International Journal of Smart Grid and Clean Energy, August 7, 2012
- [13] Rashid, M. H., “*Power Electronics, Circuit, Device and Application 3rd edition*”, Pearson Education, Inc, 2004.
- [14] Lenz Michael, Striedl Günther, Frohler Ulrich, *Thermal Resistance - Theory and Practice*, Infineon Technologies AG, St.-Martin-Strasse 53, D-81541 Munchen, Edition January 2000
- [15] I Nengah Suweden, I Wayan Rinas, *Analisa Penanggulangan THD Dengan*

FilterPasif Pada Sistem Kelistrikan Di Rsup Sanglah, Jurnal Teknologi Elektro Vol. 8 No.2 Juli - Desember 2009

[16] *User's Manual Thermal Acupressure Device*, Ceragem Compact CGM - P390, Korea, <http://www.ceragem.net> , 2011

[17] Kuldeep Kumar Srivastava, Saquib Shakil, Anand Vardhan Pandey, *Harmonics And Its Mitigation Technique by Passive Shunt Filter*, International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE) ISSN:2231-2307, Volume-3, Issue- 2, May 2013

Tentang Penulis



Faisal Irsan Pasaribu sebelumnya menempuh pendidikan Sarjana S1 di UMSU Medan jurusan Teknik Elektro tahun 1999 , dan Sarjana S1 di UMN Medan jurusan Keguruan Ilmu Pendidikan Matematika tahun 2009. Bekerja sebagai Staf Pengajar honor pada Jurusan Teknik Elektro di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Universitas Medan Area (UMA) dan SMK Tritech Informatika Medan sebagai Guru Produktif. Kemudian melanjutkan studi Magister Teknik Elektro Jurusan Kualitas Daya di Universitas Sumatera Utara dan selesai bulan Juni tahun 2014. Penulis bisa dihubungi via email di **f_irsan@yahoo.co.id** atau di email **fais.irsan@gmail.com** .