

Pengaruh *Single Tuned Filter* Terhadap Frekuensi Harmonik ke-3 Pada Beban Rumah Tangga 2200 VA

Randy¹, Endah Setyaningsih¹, Tjandra Susila²

ABSTRACT: Home load 2200 VA is one of the non-linear loads that contains harmonic distorted waves. Harmonics is the integer multiplication periodically to the fundamental frequency. The resulting harmonics can aggravate the quality of the non-linear load, one consequence is to shorten the non-linear load life due to overheating. The resulting harmonics can be calculated with Total Harmonic Distortion. This research discusses the influence of Single Tuned Filter on 3rd harmonic frequency at 2200 VA Home load to reduce 3rd harmonic frequency value. Tests conducted in this research is testing the positive effect of decreasing the 3rd harmonic frequency on the values of THD_V and THD_I to the value of power factor. Based on the results of the tests that have been done, decreasing the 3rd harmonic frequency on the values of THD_V and THD_I have a positive influence on the value of power factor. Values THD_V and THD_I before filter fitted have significant differences than values THD_V and THD_I after fitted filter. The power factor value before filtering has a significant difference over the power factor value after it has been filtered.

KEYWORDS: Home load 2200 VA, Harmonic, THD, 3rd harmonic frequency, power factor, Single Tuned Filter.

ABSTRAK: Beban Rumah Tangga 2200 VA adalah salah satu beban non-linier yang menggambarkan gelombang yang terdistorsi yang mengandung harmonik. Harmonik adalah perkalian integer secara periodik terhadap frekuensi fundamental. Harmonik-harmonik yang timbul tersebut dapat memperburuk kualitas dari Beban non-linier tersebut, salah satu akibatnya adalah memperpendek umur beban non-linier tersebut karena overheating yang terlalu berlebihan. Harmonik-harmonik yang timbul tersebut dapat dihitung dengan Total Harmonic Distortion. Penelitian ini membahas mengenai pengaruh Single Tuned Filter terhadap Frekuensi harmonik ke-3 pada Beban Rumah Tangga 2200 VA untuk mereduksi nilai frekuensi harmonik ke-3. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian pengaruh positif penurunan frekuensi harmonik ke-3 pada nilai THD_V dan THD_I terhadap nilai faktor daya. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan penurunan nilai frekuensi harmonik ke-3 pada nilai THD_V dan THD_I memiliki pengaruh positif terhadap nilai faktor daya. Nilai THD_V dan THD_I sebelum dipasang filter memiliki perbedaan yang signifikan daripada Nilai THD_V dan THD_I sesudah dipasang filter. Nilai faktor daya sebelum dipasang filter memiliki perbedaan yang signifikan daripada nilai faktor daya sesudah dipasang filter.

KATA KUNCI: Beban Rumah Tangga 2200 VA, harmonik, THD, frekuensi harmonik ke-3, faktor daya, Single Tuned Filter.data

PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan sesuatu yang dapat dikatakan menjadi kebutuhan sehari-hari dalam melakukan aktivitas. Energi listrik membuat segala sesuatu lebih efisien dalam menjalani aktivitas, contohnya saat melakukan sebuah kegiatan di malam hari. Dahulu lilin, petromak, atau penerangan lainnya yang tidak menggunakan energi listrik digunakan untuk penerangan saat beraktivitas pada malam hari tetapi sekarang setelah energi listrik ditemukan ketika pada waktu malam hari, lampu menjadi alat penerangan untuk membantu melakukan aktivitas. Tanpa energi listrik hampir tidak mungkin aktivitas dapat dilakukan dengan sempurna. Seiring dengan berjalannya waktu kebutuhan energi listrik semakin hari semakin meningkat. Pada jaman sekarang ini kemajuan teknologi menuntut energi listrik yang lebih besar daripada sebelumnya.

Ada dua faktor yang menentukan baik buruknya performansi energi listrik, yaitu: kuantitas dan kualitas listrik. Kuantitas daya listrik merupakan berapa besar nilai daya listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik untuk dipakai. Kualitas listrik dapat dibedakan menjadi tiga elemen, yaitu: arus, tegangan, dan frekuensi listrik. Tiga elemen ini merupakan hal yang sangat berpengaruh terhadap kualitas dari listrik tersebut. Daya listrik yang akan dihantarkan akan menjadi buruk bila terjadi penyimpangan terhadap arus, tegangan dan frekuensi listrik ini. Sebagai contoh penyimpangan terhadap arus, tegangan dan frekuensi adalah nilainya yang berubah-ubah seperti tegangan yang diterima pada rumah tangga seharusnya 220 Volt tetapi yang diterima pada rumahtangga kurang dari 220 Volt tidak pernah diterima 220 Volt secara stabil. Buruknya kualitas daya listrik ini akan menyebabkan pemakaian listrik yang tidak maksimal.

Masalah yang sering dihadapi oleh energi listrik adalah terjadinya distorsi harmonik. Distorsi harmonik adalah gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik akibat terjadinya distorsi gelombang arus dan tegangan[1]. Distorsi harmonik ini juga memiliki efek buruk bagi PLN, yaitu menyebabkan kondisi pembebanan yang seharusnya masih bisa dilayani sistem menjadi *overload* karena meningkatnya arus harmonisa. Gelombang harmonik ini kemudian bersuperposisi dengan gelombang dasarnya sehingga terbentuk gelombang yang terdistorsi. Gelombang yang seharusnya sinusoidal murni akibat terjadinya distorsi akan berubah menjadi gelombang sinusoidal yang tidak murni atau bahkan menjadi gelombang non-sinusoidal. Distorsi harmonik ini terjadi dikarenakan beban *non-linier*. Beban *non-linier* adalah bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan dalam setiap setengah siklus sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukannya[1]. Beban *non-linier* ini adalah peralatan semikonduktor, peralatan elektronik, dan komponen-komponen lainnya.

¹ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara

² Program Studi Teknik Elektro, Universitas Trisakti

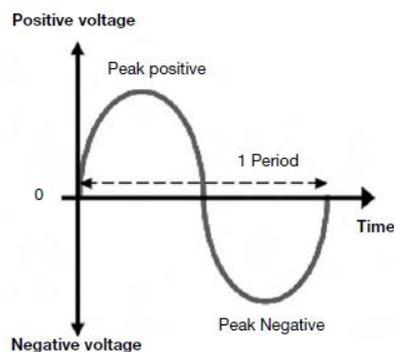
Total Harmonic Distortion (THD) dapat menghitung harmonik-harmonik yang timbul. *Total Harmonic Distortion* ini diukur sebagai presentase, yang dimana semakin besar nilai THD-nya semakin buruk kualitas dari suatu beban *non-linier*, dan apabila nilai THD-nya semakin kecil maka semakin baik kualitas dari beban tersebut. Nilai THD juga mempengaruhi nilai faktor daya. Nilai faktor daya merupakan sebuah nilai yang dapat menentukan baik buruknya suatu daya listrik. Nilai THD tinggi akan menghasilkan nilai faktor daya rendah dan nilai THD rendah akan menghasilkan nilai faktor daya tinggi. Dengan mereduksi nilai THD berdasarkan arus (THDi) dan tegangan (THDv) akan menghasilkan nilai faktor daya yang tinggi. Semakin tinggi nilai faktor daya maka semakin baik daya listrik tersebut.

Salah satu cara untuk mereduksi nilai THD adalah merancang sebuah filter untuk hanya melewatkan frekuensi *fundamental*, sehingga frekuensi harmonik yang tidak diinginkan tidak dapat mengganggu performansi dari beban *non-linier* tersebut. Survei pertama dilakukan pada tanggal 28 Oktober 2016 dari jurnal yang berjudul “Perancangan *Low Pass RC Filter* untuk Mereduksi Harmonik pada Lampu Hemat Energi (LHE) 20W” [9]. Survei ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana hasil kerja dari filter *low pass RC filter* dalam mereduksi harmonik pada lampu hemat energi, filter ini mampu mereduksi harmonik dan menaikkan nilai faktor daya. Survei kedua dilakukan pada tanggal 2 september 2016 dari jurnal yang berjudul “Analisis Unjuk Kerja Harmonik di Instalasi Listrik Industri dan Upaya Penanggulangannya” [8]. Survei kedua ini dilakukan untuk melihat bagaimana Filter Penala Tunggal/*Single Tuned Filter* bekerja dalam mereduksi harmonik di instalasi listrik industri. Hasil dari survei kedua ini membuktikan bahwa Filter Penala Tunggal/*Single Tuned Filter* mampu mereduksi harmonik serta menaikkan nilai faktor daya. Penelitian ini akan merancang sebuah filter pasif yang dapat digunakan untuk mereduksi harmonik dan menaikkan nilai faktor daya. Filter pasif yang akan dirancang adalah jenis *single tuned filter*, filter ini menggunakan dua komponen sederhana yaitu kapasitor dan induktor. Perbedaan pertama *Single Tuned Filter* dengan *Low Pass RC Filter* ini adalah didalam performansinya, *Single Tuned Filter* mereduksi harmonik dengan cara mengambil satu frekuensi untuk direduksi sedangkan *Low Pass RC Filter* mereduksi harmonik dengan cara memotong frekuensi sesuai dengan frekuensi yang ditentukan. Perbedaan kedua *Single Tuned Filter* dengan *Low Pass RC Filter* adalah *Single Tuned Filter* tidak menggunakan frekuensi resonansi sedangkan *Low Pass RC Filter* menggunakan frekuensi resonansi. Perbedaan ketiga adalah *Single Tuned Filter* dipasang seri dengan beban sedangkan *Low Pass RC Filter* dipasang paralel dengan beban. Penelitian ini akan merancang *Single Tuned Filter* untuk mereduksi harmonik dan menaikkan nilai faktor daya.

DESKRIPSI KONSEP

DISTORSI HARMONIK

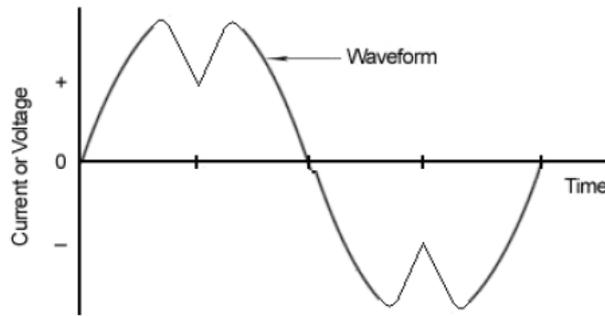
Secara umum sistem listrik terbagi atas 2 jenis, yaitu: sistem DC (*Direct current*) dan sistem AC (*Alternating Current*). Sistem DC (*Direct Current*) adalah sistem listrik yang tidak memiliki perubahan polaritas terhadap waktu atau dapat diartikan bahwa arusnya konsisten terhadap suatu waktu. Sistem AC (*Alternating Current*) adalah sistem listrik yang memiliki perubahan polaritas terhadap waktu dengan frekuensi yang tertentu. Indonesia menggunakan sistem kelistrikan AC dengan frekuensi 50 Hz. Gambar 1. menunjukkan gelombang *Alternating Current*.



■ Gambar 1. Gelombang *Alternating Current* [2]

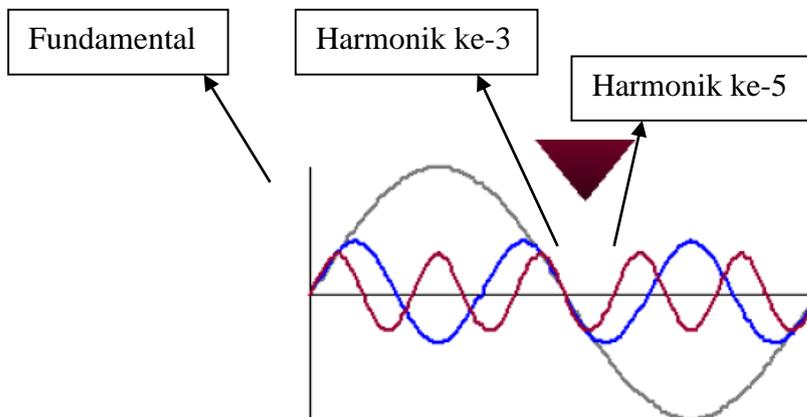
Berdasarkan Gambar 2.1. dapat dilihat bahwa gelombang AC merupakan bentuk dari gelombang sinusoidal murni, tetapi pada kenyataannya gelombang sinusoidal murni ini tidaklah sempurna melainkan memiliki cacat atau distorsi. Distorsi yang terjadi pada gelombang ini merupakan salah satu bentuk dari distorsi harmonik.

Gelombang Harmonik merupakan gejala terbentuknya gelombang sinusoidal baru yang memiliki frekuensi dari perkalian bilangan bulat dengan frekuensi aslinya. Gelombang yang terdistorsi merupakan hasil dari superposisi dari gelombang dasar dengan gelombang frekuensi harmonik. Gelombang yang terdistorsi akan menghasilkan gelombang tidak lagi sinusoidal murni, fenomena ini disebut dengan distorsi harmonik. Gambar 2. menunjukkan gelombang yang telah terdistorsi.



■ **Gambar 2.** Gelombang yang telah terdistorsi [1]

Jika frekuensi fundamental adalah 50 Hz maka frekuensi harmonik kedua adalah 100 Hz, frekuensi harmonik ketiga adalah 150 Hz, frekuensi harmonik keempat adalah 200 Hz, dan seterusnya. Gambar 3. menunjukkan perbedaan frekuensi fundamental dan frekuensi harmoniknya.



■ **Gambar 3.** Gelombang frekuensi fundamental dan frekuensi harmonik [3]

ORDE HARMONIK

Orde harmonik adalah bilangan bulat yang dijadikan faktor pengali frekuensi lama untuk dijadikan frekuensi baru. Nilai dari orde harmonik merupakan perbandingan antara frekuensi harmonik dengan frekuensi fundamentalnya.

Rumus:

$$N = \frac{fn}{F} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

- n = orde harmonik
- fn = frekuensi harmonik ke-n (Hz)
- F = frekuensi dasar (Hz)

Gelombang dengan frekuensi dasar tidak dianggap sebagai frekuensi harmonik melainkan adalah frekuensi fundamentalnya. Frekuensi yang dianggap frekuensi harmonik adalah frekuensi orde ke-2 sampai orde ke-n.

INDIVIDUAL HARMONIC DISTORTION (IHD)

Individual Harmonic Distortion adalah perbandingan nilai tegangan/arus harmonik terhadap nilai tegangan/arus fundamentalnya atau dapat disebut juga sebagai rasio tegangan/arus antara nilai RMS harmonik dengan nilai RMS fundamentalnya.

Rumus:

$$IHD_n = \sqrt{\frac{M_n^2}{M_1^2}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

IHD_n = *Individual Harmonic Distortion* orde harmonik ke-n (n=2, 3, dst.)

M_n = nilai rms arus atau tegangan harmonik ke-n (ampere atau volt)

M_1 = nilai rms arus atau tegangan fundamental (ampere atau volt)

TOTAL HARMONIC DISTORTION (THD)

Total *Harmonic Distortion* adalah presentase total nilai tegangan / arus harmonik terhadap nilai tegangan/arus fundamentalnya. Nilai THD merupakan batasan tegangan atau arus yang dapat ditoleransi dalam sistem tenaga listrik. Nilai THD berdasarkan tegangan biasa dikenal dengan THDv. Nilai THD berdasarkan arus biasa dikenal dengan THDi.

Rumus:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{n=\infty} M_n^2}}{M_1} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

THD = Total *Harmonic Distortion* (%)

M_n = nilai rms arus atau tegangan harmonik ke-n (ampere atau volt)

M_1 = nilai rms arus atau tegangan fundamental (ampere atau volt)

TOTAL DEMAND DISTORTION

Total *Demand Distortion* adalah perbandingan total nilai arus harmonik terhadap nilai arus beban maksimumnya. Total *Demand Distortion* dapat dihitung dengan rumus dibawah ini.

Rumus:

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{n \max} I_n^2}}{I_L} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan:

I_n = Arus harmonik ke-n (ampere)

I_L = Arus beban maksimum (ampere)

POWER FACTOR

Power factor atau faktor daya adalah perbandingan antara daya aktif/nyata (P/Watt) dengan daya tampak/semu (S/VA). Daya aktif/nyata adalah hasil dari tegangan *root-mean-square* (rms) dan arus *root-mean-square* (rms). Daya semu merupakan hasil dari perkalian antara arus dan tegangan dari listrik pada suatu beban. Faktor daya memiliki rentang 0 – 1. Bila faktor daya sama dengan 1 berarti tegangan dan arus memiliki fasa dan gelombang yang tidak terdistorsi.

Rumus:

$$PF = \frac{P}{S} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

PF = *Power Factor*

P = Daya Nyata (watt)

S = Daya Semu (volt ampere/VA)

NILAI ROOT – MEAN – SQUARE (RMS)

Nilai *root-mean-square*/RMS adalah nilai akar dari nilai suatu fungsi yang dikuadratkan. Nilai RMS harmonik didapatkan oleh gelombang tegangan/arus yang telah terdistorsi. Nilai RMS dapat dihitung dengan rumus di bawah ini.

Rumus:

$$rms = \sqrt{\sum_{n=1}^{n \max} M_n^2} = M_1 \sqrt{1 + THD^2} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan:

M_n = nilai rms dari arus / tegangan ke-n (VA)

STANDAR HARMONIK

Standar yang diciptakan oleh *Institute of Electrical and Electronics Engineer* (IEEE) tentang batasan harmonik adalah standar IEEE 519-1992. Standar ini memiliki dua batasan yaitu batas distorsi arus dan batasan distorsi tegangan. Tabel 1. menunjukkan batas distorsi untuk arus dan Tabel 2. menunjukkan batas distorsi untuk tegangan.

■ **Tabel 1.** Batas Distorsi untuk Arus dari IEEE 519-1992 [4]

Maximum Harmonic Current Distortion in Percent of I_L						
Individual Harmonic Order (Odd Harmonics)						
I_{sc}/I_L	<11	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	TDD
<20*	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Even harmonics are limited to 25% of the odd harmonic limits above.

Current distortions that result in a dc offset, e.g., half-wave converters, are not allowed.

*All power generation equipment is limited to these values of current distortion, regardless of actual I_{sc}/I_L .

where

I_{sc} = maximum short-circuit current at PCC.
 I_L = maximum demand load current (fundamental frequency component) at PCC.

■ **Tabel 2.** Batas Distorsi untuk Tegangan dari IEEE 519-1992 [4]

Bus Voltage at PCC	Individual Voltage Distortion (%)	Total Voltage Distortion THD (%)
69 kV and below	3.0	5.0
69.001 kV through 161 kV	1.5	2.5
161.001 kV and above	1.0	1.5

FILTER HARMONIK

Filter harmonik dibuat untuk mereduksi harmonik – harmonik dengan cara mengurangi amplitudo satu atau lebih frekuensi tertentu dari sebuah tegangan dan arus harmonik. Dengan dipasangnya filter harmonik terhadap sesuatu sistem atau komponen dari sistem tenaga listrik maka penyebaran harmonik ke seluruh jaringan akan ditekan sekecil mungkin. Selain itu filter harmonik dapat memperbaiki nilai faktor daya pada daya listrik. Gambar 4. menunjukkan rangkaian dari sebuah filter harmonik.



■ **Gambar 4.** Rangkaian filter harmonik

SINGLE TUNED FILTER

Single Tuned Filter adalah sebuah filter yang hanya mengambil/mereduksi nilai harmonik pada satu frekuensi harmonik saja. Single Tuned Filter ini terdiri dari 2 komponen sederhana yaitu kapasitor yang berfungsi memberi kompensasi daya reaktif untuk memperbaiki nilai faktor daya dan induktor yang menjadi reaktor filter. Besarnya nilai kapasitor dan induktor beserta impedansinya masing – masing yang digunakan untuk merancang Single Tuned Filter adalah sebagai berikut:

Untuk nilai kapasitor dan impedansinya[7]:

$$X_C = \frac{kV_{rated}^2}{M var_{rated}} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

kV_{rated} = Besar rating tegangan

$Mvar_{rated} = \text{Rating VAR}$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} \dots \dots \dots (2.8)$$

Keterangan:

f = Frekuensi fundamental 50 Hz

X_c = impedansi kapasitor

Untuk nilai induktor beserta impedansinya:

$$X_L = \frac{X_c}{n^2} \dots \dots \dots (2.9)$$

Keterangan:

X_c = impedansi kapasitor

N = orde harmonik tegangan yang akan difilter

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan:

X_L = impedansi induktor

f = frekuensi fundamental 50 Hz

Untuk orde harmonik tegangan yang akan difilter akan sedikit diturunkan dari nilai orde yang diinginkan. Hal ini dilakukan sebagai toleransi komponen filter untuk mencegah terjadinya resonansi yang terjadi dalam sistem pada frekuensi yang mengganggu[2].

Rumus untuk memperbaiki nilai faktor daya yaitu[7]:

$$Q_{VAR} = \sqrt{\frac{|P_1|^2}{|PF_0|} - P_1^2} - \sqrt{\frac{|P_1|^2}{|PF|} - P_1^2} \dots \dots \dots (2.11)$$

Keterangan:

PF = nilai faktor daya

P_1 = nilai daya

Single Tuned Filter mempunyai gambar rangkaian yang akan ditunjukkan pada Gambar 5.



■ Gambar 5. Rangkaian Single Tuned Filter [6]

PENGOLAHAN STATISTIK

Program tersebut akan menghasilkan sebuah keluaran yaitu P-value atau sig. dan taraf signifikansi (α). P-value atau sig. adalah merupakan batas kesalahan yang didapat oleh peneliti di dalam melakukan perhitungan statistik yang dipergunakan untuk menolak/menerima hipotesis null (H_0). Taraf signifikansi (α) adalah batas kesalahan maksimal yang dijadikan tolak ukur oleh peneliti didalam melakukan penelitian untuk menolak/menerima hipotesis null (H_0). Hipotesis didalam penelitian ini ada dua yaitu H_0 dan H_1 . H_0 adalah hipotesis yang menyimpulkan hubungan yang relevan dari rumusan masalah dan informasi dari data yang dihasilkan dalam penelitian, sedangkan H_1 adalah hipotesis alternatif yang dapat digunakan ketika H_0 salah.

KERANGKA PIKIR PENELITIAN

Frekuensi Harmonik adalah gejala pembentukan gelombang sinusoidal baru yang memiliki nilai frekuensi dari hasil perkalian bilangan bulat dengan frekuensi fundamentalnya. Frekuensi Harmonik ini ada karena pengaruh dari beban *non-linier*. Penelitian menyatakan bahwa beban *non-linier* merupakan pembangkit harmonik[8]. Beban *non-linier* merupakan sinyal yang keluar tidak sebanding dengan sinyal yang masuk sehingga terjadi distorsi-distorsi. Beban rumah tangga merupakan beban *non-linier*. Salah satu distorsi yang terjadi pada beban rumah tangga adalah distorsi harmonik. Distorsi harmonik adalah gangguan harmonik yang membuat frekuensi *output* tidak sebanding dengan frekuensi *input*. Distorsi harmonik membuat frekuensi menjadi kelipatan

dari bilangan bulat dengan frekuensi fundamentalnya. Distorsi harmonik ini membuat nilai faktor daya menurun dan pemakaian daya listrik yang tidak maksimal. Penelitian menyatakan bahwa distorsi harmonik dapat mempengaruhi nilai faktor daya dan rugi daya pada instalasi industri listrik karena arus harmonik dapat membentuk distorsi gelombang tegangan sehingga tidak membentuk sinusoidal murni lagi[8].

Berbagai macam cara dilakukan untuk mereduksi/menghilangkan distorsi harmonik karena dianggap merupakan sebuah gangguan yang sangat merugikan. Salah satu cara untuk mereduksi/menghilangkan distorsi harmonik adalah dengan merancang sebuah filter pasif yang dapat mereduksi distorsi harmonik. Penelitian menyatakan bahwa salah satu upaya untuk mereduksi distorsi harmonik adalah dengan cara merancang sebuah filter pasif karena filter pasif adalah filter yang biasa digunakan untuk mereduksi frekuensi harmonik pada beban *non-linier*, karena pada perancangannya filter pasif hanya menggunakan komponen R, L dan C[9]. *Single Tuned Filter* merupakan filter pasif yang dapat mereduksi distorsi harmonik dan menaikkan nilai faktor daya. Filter ini cukup baik untuk beban *non - linier*. Filter pasif ini akan dipasang pada beban rumah tangga 2200 VA. Pada saat pengukuran dilakukan beban yang menyala ada 3 buah lampu, 1 buah lemari es, 1 buah kipas angin, 1 buah dispenser, dan 1 buah televisi. Filter ini dirancang dengan menggunakan komponen L dan C.

HIPOTESIS PENELITIAN

1. Penurunan nilai IHD_I berpengaruh positif terhadap nilai faktor daya.
2. Penurunan nilai IHD_V berpengaruh positif terhadap nilai faktor daya.
3. Nilai IHD_I pada beban rumah tangga yang sudah dipasang filter memiliki perbedaan yang signifikan daripada nilai IHD_I pada beban rumah tangga yang belum dipasang filter.
4. Nilai IHD_V pada beban rumah tangga yang sudah dipasang filter memiliki perbedaan yang signifikan daripada nilai IHD_V pada beban rumah tangga yang belum dipasang filter.
5. Nilai faktor daya pada beban rumah tangga yang sudah dipasang filter memiliki perbedaan yang signifikan daripada nilai faktor daya pada beban rumah tangga yang belum dipasang filter.

TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian akan dilakukan di Sebuah rumah yang memiliki daya listrik 2200 VA yang terletak di daerah Pondok Kelapa. Penelitian ini akan dilaksanakan dari bulan Maret 2017 sampai bulan Juni 2017.

VARIABEL PENELITIAN

Variabel penelitian dalam penelitian ini adalah IHD_V , IHD_I dan faktor daya. Variabel tersebut dibagi menjadi dua, yaitu:

1. Variabel independen:
 - IHD_VVariabel dependen:
 - Faktor daya
2. Variabel independen:
 - IHD_IVariabel dependen:
 - Faktor daya

POPULASI DAN SAMPEL

Populasi dari penelitian ini adalah beban rumah tangga 2200 VA. Teknik pengambilan sampel dibagi menjadi dua, yaitu *probability sample* dan *nonprobability sample*. Secara *probability* merupakan teknik pengambilan sampel dimana setiap populasi mempunyai peluang yang sama untuk menjadi sampel. Secara *nonprobability* merupakan teknik pengambilan sampel dimana setiap populasi tidak memiliki peluang/kesempatan untuk menjadi sama dengan sampel. Penelitian akan dilakukan secara *probability*, akan tetapi karena keterbatasan waktu dan sampel yang digunakan maka sampel akan diambil 7 di Jakarta Timur.

HIPOTESIS STATISTIK

Penelitian ini menggunakan pengujian hipotesis koefisien korelasi *Pearson Product Moment*, pengujian hipotesis statistik parametrik Uji T Berpasangan untuk data terdistribusi normal. Hipotesis statistik dalam penelitian ini terdiri dari Hipotesis nol (H_0) dan Hipotesis alternatif (H_1).

1. Hipotesis Statistik Korelasi *Pearson Product Moment*

Jika $P\text{-value} < \alpha$, maka H_0 ditolak.

Jika $P\text{-value} \geq \alpha$, maka H_0 tidak dapat ditolak.

H_0 : tidak terdapat pengaruh positif antara penurunan frekuensi harmonik ke-3 pada nilai IHD_I terhadap nilai faktor daya

H_1 : terdapat pengaruh positif antara penurunan frekuensi harmonik ke-3 pada nilai IHD_I terhadap nilai faktor daya

P-value: P-value terhitung

α : Taraf signifikansi (0,05)

2. Hipotesis Statistik Korelasi *Pearson Product Moment*

Jika P-value $< \alpha$, maka H_0 ditolak.

Jika P-value $\geq \alpha$, maka H_0 tidak dapat ditolak.

H_0 : tidak terdapat pengaruh positif antara penurunan frekuensi harmonik ke-3 pada nilai IHD_v terhadap nilai faktor daya

H_1 : terdapat pengaruh positif antara penurunan frekuensi harmonik ke-3 pada nilai IHD_v terhadap nilai faktor daya

P-value: P-value terhitung

α : Taraf signifikansi (0,05)

3. Hipotesis Statistik Uji T berpasangan untuk IHD_I

Jika P-value $< \alpha$, maka H_0 ditolak.

Jika P-value $\geq \alpha$, maka H_0 tidak dapat ditolak.

H_0 : tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai IHD_I sebelum dipasang filter dengan nilai IHD_I sesudah dipasang filter.

H_1 : terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai IHD_I sebelum dipasang filter dengan nilai IHD_I sesudah dipasang filter.

P-value: P-value terhitung

α : Taraf signifikansi (0,05)

4. Hipotesis Statistik Uji T berpasangan untuk IHD_v

Jika P-value $< \alpha$, maka H_0 ditolak.

Jika P-value $\geq \alpha$, maka H_0 tidak dapat ditolak.

H_0 : tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai IHD_v sebelum dipasang filter dengan nilai IHD_v sesudah dipasang filter.

H_1 : terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai IHD_v sebelum dipasang filter dengan nilai IHD_v sesudah dipasang filter.

P-value: P-value terhitung

α : Taraf signifikansi (0,05)

5. Hipotesis Statistik Uji T berpasangan untuk nilai faktor daya

Jika P-value $< \alpha$, maka H_0 ditolak.

Jika P-value $\geq \alpha$, maka H_0 tidak dapat ditolak.

H_0 : tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai faktor daya sebelum dipasang filter dengan nilai faktor daya sesudah dipasang filter.

H_1 : terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai faktor daya sebelum dipasang filter dengan nilai faktor daya sesudah dipasang filter.

P-value: P-value terhitung

α : Taraf signifikansi (0,05)

INSTRUMEN PENELITIAN

Instrumen penelitian yang digunakan adalah HIOKI 3197 *Power Quality Analyzer* untuk mengukur THD, IHD, Vrms, Irms, dan Faktor daya.

METODE PENGUKURAN

Metode pengukuran yang digunakan adalah metode observasi, yaitu metode dengan cara melakukan pengumpulan dan pengamatan data secara sistematis dan langsung.

TEKNIK PENGUMPULAN DATA

Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah dengan menggunakan metode observasi, yaitu cara pengumpulan dan pengamatan data secara sistematis dan langsung. Metode observasi akan diterapkan pada penelitian ini dengan cara melakukan penelitian ditempat dan waktu yang telah direncanakan, lalu melakukan pengukuran dengan alat ukur secara langsung.

TEKNIK PENGOLAHAN DATA

Teknik pengolahan data yang digunakan yaitu dengan melakukan pengeditan data, tabulasi data dan diolah menggunakan *software SPSS Statistics 21*. Pengeditan data dilakukan setelah data terkumpul kemudian data dikoreksi kembali. Tabulasi data adalah memasukkan data yang didapatkan kedalam sebuah tabel yang sudah dibuat sesuai dengan kebutuhan, lalu diolah dengan menggunakan *software SPSS Statistics 21*.

PENGUJIAN DAN ANALISIS KESELURUHAN SISTEM PENGUMPULAN DAN VERIFIKASI DATA

Teknik Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode observasi. Metode observasi dilaksanakan dengan melakukan penelitian dan pengamatan secara langsung di sebuah rumah di daerah pondok kelapa. Penelitian ini akan menghasilkan sebuah data yang terdiri dari 3 variabel, yaitu IHD_V , IHD_I , dan faktor daya. Data yang dihasilkan akan disusun didalam sebuah tabel, lalu data akan diuji kenormalan data *Kolmogorov Smirnov Normality Test* untuk mengetahui data tersebut terdistribusi normal atau tidak dan untuk menentukan data akan diuji dengan menggunakan pengujian hipotesis statistik parametrik atau non parametrik. Penelitian ini menggunakan 2 pengujian hipotesis untuk data yang terdistribusi normal yaitu pengujian hipotesis koefisien korelasi *Pearson Product Moment* dan pengujian hipotesis statistik parametrik Uji T Berpasangan.

PENYAJIAN DAN PENGOLAHAN DATA

Penyajian dan pengolahan data dalam penelitian ini akan dilakukan setelah semua variabel telah diuji berulang kali. Data disajikan ke dalam sebuah tabel, lalu diolah dengan menggunakan *software SPSS Statistics 21*. Pengujian dilakukan berulang kali untuk variabel-variabel dalam penelitian ini baik sebelum difilter maupun sesudah difilter.

PERSYARATAN UJI HIPOTESIS KENORMALAN DATA (*Liliefors*)

Uji kenormalan data *Kolmogorov Smirnov Normally Test* dilakukan untuk mengetahui data hasil penelitian ini terdistribusi normal atau tidak serta untuk menentukan pengujian hipotesis parametrik atau non parametrik yang harus digunakan untuk menguji data. Data dapat dikatakan tersdistribusi normal apabila data tersebut memiliki *P-value* lebih besar dari taraf signifikansi α dan data tidak terdistribusi normal apabila *P-value* lebih kecil dari taraf signifikansi α .

HIPOTESIS UJI KENORMALAN DATA (*Liliefors*)

Hipotesis Statistik Uji Kenormalan Data

Jika *P-value* < α , maka H_0 ditolak.

Jika *P-value* $\geq \alpha$, maka H_0 tidak dapat ditolak.

H_0 : data berasal dari populasi yang terdistribusi normal.

H_1 : data tidak berasal dari populasi yang terdistribusi normal.

P-value: *P-value* terhitung

α : Taraf signifikansi (0,05)

PENGUJIAN HIPOTESIS UJI KENORMALAN DATA (*Liliefors*)

Pengujian hipotesis uji kenormalan data dilakukan untuk variabel-variabel dalam penelitian ini yaitu IHD_V , IHD_I , dan faktor daya sebelum dipasang filter. Pengujian hipotesis uji kenormalan data juga dilakukan untuk variabel-variabel IHD_V , IHD_I , dan faktor daya sesudah dipasang filter untuk mengetahui pengujian statistik parametrik atau non parametrik yang akan digunakan. Hasil pengukuran pada beban rumah tangga 2200 VA sebelum dipasang filter dapat dilihat pada tabel 3.

■ **Tabel 3.** Hasil Pengukuran Beban Rumah Tangga 2200 VA sebelum dipasang filter

No.	Sampel	Waktu	IHD_I Orde ke-3	IHD_V Orde ke-3	<i>Power Factor</i>
1	Rumah 1	09.00	4.08	1.57	0.87
2	Rumah 1	14.00	4.06	1.58	0.82
3	Rumah 1	19.00	3.78	1.79	0.83
4	Rumah 2	09.00	2.71	1.90	0.88
5	Rumah 2	14.00	3.60	1.74	0.87
6	Rumah 2	19.00	2.41	1.44	0.90

7	Rumah 3	09.00	3.54	1.58	0.89
8	Rumah 3	14.00	3.74	1.68	0.81
9	Rumah 3	19.00	3.07	1.76	0.85
10	Rumah 4	09.00	4.20	2.03	0.84
11	Rumah 4	14.00	3.93	1.94	0.84
12	Rumah 4	19.00	4.89	1.64	0.83
13	Rumah 5	09.00	7.68	1.68	0.86
14	Rumah 5	14.00	7.37	1.73	0.83
15	Rumah 5	19.00	4.79	1.75	0.83
16	Rumah 6	09.00	8.88	1.74	0.88
17	Rumah 6	14.00	9.35	1.77	0.81
18	Rumah 6	19.00	6.85	1.84	0.85
19	Rumah 7	09.00	9.01	1.67	0.84
20	Rumah 7	14.00	8.79	1.49	0.83
21	Rumah 7	19.00	8.82	1.70	0.83

Berdasarkan Tabel 4.1. dapat dilihat bahwa variabel-variabel di atas, yaitu IHD_V , IHD_I , dan faktor daya memiliki data yang bervariasi. Data yang bervariasi ini disebabkan oleh seiring berjalannya waktu terjadi perubahan tegangan, arus, dan nilai faktor daya yang berubah-ubah sesuai dengan kebutuhan yang digunakan. Penelitian ini menggunakan filter pasif *Single Tuned Filter* untuk mereduksi frekuensi harmonik ke-3 pada suatu beban rumah tangga 2200 VA. Tabel 4 menunjukkan Hasil Pengukuran Beban Rumah Tangga 2200 VA sesudah dipasang filter.

■ **Tabel 4.** Hasil Pengukuran Beban Rumah Tangga 2200 VA sesudah dipasang filter

No.	Sampel	Waktu	IHD_I Orde ke-3	IHD_V Orde ke-3	<i>Power Factor</i>
1	Rumah 1	09.00	2.05	0.49	0.98
2	Rumah 1	14.00	2.84	0.57	0.97
3	Rumah 1	19.00	3.64	0.43	0.97
4	Rumah 2	09.00	2.82	0.25	0.97
5	Rumah 2	14.00	3.58	0.59	0.98
6	Rumah 2	19.00	2.35	0.75	0.99
7	Rumah 3	09.00	3.61	0.66	0.99
8	Rumah 3	14.00	3.55	0.57	0.98
9	Rumah 3	19.00	2.64	0.63	0.97
10	Rumah 4	09.00	3.68	0.85	0.98
11	Rumah 4	14.00	2.89	0.94	0.99
12	Rumah 4	19.00	1.32	0.76	0.99
13	Rumah 5	09.00	2.16	0.90	0.98
14	Rumah 5	14.00	2.11	0.97	0.98
15	Rumah 5	19.00	1.98	1.01	0.97
16	Rumah 6	09.00	5.17	0.97	0.99

17	Rumah 6	14.00	5.19	1.00	0.97
18	Rumah 6	19.00	3.69	0.91	0.98
19	Rumah 7	09.00	4.58	1.06	0.98
20	Rumah 7	14.00	4.38	1.05	0.98
21	Rumah 7	19.00	4.64	1.18	0.97

Hasil Uji Kenormalan data IHD_V sebelum dipasang *Single Tuned Filter* dapat dilihat pada Gambar 6. Hasil Uji Kenormalan data IHD_I sebelum dipasang *Single Tuned Filter* dapat dilihat pada Gambar 7 Hasil Uji Kenormalan data nilai faktor daya (*Power Factor*) sebelum dipasang *Single Tuned Filter* dapat dilihat pada Gambar 8.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
IHD _i	.147	25	.173	.929	25	.084

■ **Gambar 6.** Hasil Uji Kenormalan data IHD_V sebelum dipasang *Single Tuned Filter*

Kesimpulan dari Gambar 6 adalah nilai *P-value* = 0.173 yang mengartikan bahwa nilai *P-value* lebih besar dari nilai taraf signifikansi (α) yaitu = 0.05 maka H_0 diterima sehingga data terdistribusi normal.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
IHD_V	.152	24	.078	.941	24	.175

■ **Gambar 7.** Hasil Uji Kenormalan data THD_I sebelum dipasang *Single Tuned Filter*

Kesimpulan dari Gambar 7 adalah nilai *P-value* = 0.078 yang mengartikan bahwa nilai *P-value* lebih besar dari nilai taraf signifikansi (α) yaitu = 0.05 maka H_0 diterima sehingga data terdistribusi normal.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
PowerFactor	.167	25	.069	.925	25	.066

■ **Gambar 8.** Hasil Uji Kenormalan data nilai faktor daya sebelum dipasang *Single Tuned Filter*

Kesimpulan dari Gambar 8. adalah nilai *P-value* = 0.069 yang mengartikan bahwa nilai *P-value* lebih besar dari nilai taraf signifikansi (α) yaitu = 0.05 maka H_0 diterima sehingga data terdistribusi normal.

Hasil Uji Kenormalan data IHD_V sesudah dipasang *Single Tuned Filter* dapat dilihat pada Gambar 9. Hasil Uji Kenormalan data IHD_I sesudah dipasang *Single Tuned Filter* dapat dilihat pada Gambar 10. Hasil Uji Kenormalan data nilai faktor daya (*Power Factor*) sesudah dipasang *Single Tuned Filter* dapat dilihat pada Gambar 11.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
IHD _i	.147	25	.171	.961	25	.435

■ **Gambar 9.** Hasil Uji Kenormalan data IHD_V sesudah dipasang *Single Tuned Filter*

Kesimpulan dari Gambar 9. adalah nilai *P-value* = 0.171 yang mengartikan bahwa nilai *P-value* lebih besar dari nilai taraf signifikansi (α) yaitu = 0.05 maka H_0 diterima sehingga data terdistribusi normal.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
IHD _v	.152	24	.158	.941	24	.175

■ **Gambar 10.** Hasil Uji Kenormalan data IHD₁ sesudah dipasang *Single Tuned Filter*

Kesimpulan dari Gambar 10. adalah nilai *P-value* = 0.158 yang mengartikan bahwa nilai *P-value* lebih besar dari nilai taraf signifikansi (α) yaitu = 0.05 maka H_0 diterima sehingga data terdistribusi normal.

Tests of Normality

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
PowerFactor	.366	24	.061	.735	24	.000

■ **Gambar 11.** Hasil Uji Kenormalan data nilai faktor daya sebelum dipasang *Single Tuned Filter*

Kesimpulan dari Gambar 11 adalah nilai *P-value* = 0.061 yang mengartikan bahwa nilai *P-value* lebih besar dari nilai taraf signifikansi (α) yaitu = 0.05 maka H_0 diterima sehingga data terdistribusi normal.

PENGUJIAN HIPOTESIS STATISTIK KORELASI PEARSON PRODUCT MOMENT UNTUK PENGARUH PENURUNAN NILAI IHD₁ ORDE KE-3 TERHADAP FAKTOR DAYA

Pengujian hipotesis statistik korelasi *Pearson Product Moment* ini bertujuan untuk mengetahui apakah variabel IHD₁ terdapat hubungan positif/negatif atau tidak memiliki hubungan dengan variabel faktor daya. Data tersebut merupakan data yang terdistribusi normal. Hasil dari Pengujian Hipotesis statistik ini merupakan sebuah koefisien korelasi *r* yang memiliki arti tersendiri dari setiap nominalnya. Koefisien korelasi terletak antara -1 dan 1, yaitu $-1 \leq r \leq 1$. Jika nilai $r = -1$ merupakan korelasi linier negatif (berlawanan arah) maka terdapat hubungan yang negatif antara variabel IHD₁ dengan variabel faktor daya. Jika nilai $r = 1$ merupakan korelasi koefisien positif (searah) maka terdapat hubungan yang positif antara penurunan frekuensi harmonik ke-3 pada nilai variabel IHD₁ terhadap variabel nilai faktor daya dan jika nilai $r = 0$ merupakan tidak ada korelasi linier maka tidak terdapat hubungan apapun antara penurunan frekuensi harmonik ke-3 pada nilai variabel IHD₁ terhadap variabel faktor daya.

Arti dari koefisien korelasi *r*:

1. Jika $0,9 < r < 1,0$ atau $-1,0 < r < -0,9$ berarti memiliki hubungan yang sangat kuat.
2. Jika $0,7 < r < 0,9$ atau $-0,9 < r < -0,7$ berarti memiliki hubungan yang kuat.
3. Jika $0,5 < r < 0,7$ atau $-0,7 < r < -0,5$ berarti memiliki hubungan yang cukup.
4. Jika $0,3 < r < 0,5$ atau $-0,5 < r < -0,3$ berarti memiliki hubungan yang lemah.
5. Jika $0 < r < 0,3$ atau $-0,3 < r < 0$ berarti memiliki hubungan yang sangat lemah.

Hasil Pengujian hipotesis statistik korelasi variabel IHD₁ terhadap variabel faktor daya dapat dilihat pada Gambar 12.

Correlations

		IHD _i	PowerFactor
IHD _i	Pearson Correlation	1	.565
	Sig. (2-tailed)		.031
	N	21	21
PowerFactor	Pearson Correlation	.565	1
	Sig. (2-tailed)	.031	
	N	21	21

■ **Gambar 12.** Hasil pengujian hipotesis statistik koefisien korelasi THD₁ terhadap faktor daya

Berdasarkan Gambar 12 dapat disimpulkan bahwa *P-value* = 0.031 yaitu lebih kecil dari nilai taraf signifikansi = 0,05 maka H_0 ditolak sehingga terdapat pengaruh positif antara penurunan frekuensi harmonik ke-3 pada nilai variabel IHD₁ terhadap faktor daya. Korelasi antara variabel IHD₁ dengan variabel faktor daya = 0.565 memiliki pengaruh positif yang cukup kuat.

PENGUJIAN HIPOTESIS STATISTIK KORELASI PEARSON PRODUCT MOMENT UNTUK PENGARUH PENURUNAN NILAI IHD_v ORDE KE-3 TERHADAP FAKTOR DAYA

Pengujian hipotesis statistik korelasi *Pearson Product Moment* ini bertujuan untuk mengetahui apakah penurunan frekuensi harmonik ke-3 pada variabel IHD_V terdapat hubungan positif/negatif atau tidak memiliki hubungan dengan variabel faktor daya. Data tersebut merupakan data yang terdistribusi normal. Hasil Pengujian hipotesis statistik korelasi variabel IHD_V terhadap variabel faktor daya dapat dilihat pada Gambar 13.

Correlations

		IHDv	PowerFactor
IHDv	Pearson Correlation	1	.507
	Sig. (2-tailed)		.036
	N	21	21
PowerFactor	Pearson Correlation	.507	1
	Sig. (2-tailed)	.036	
	N	21	21

■ **Gambar 13.** Hasil pengujian hipotesis statistik koefisien korelasi IHD_V terhadap faktor daya

Berdasarkan Gambar 13. dapat disimpulkan bahwa $P\text{-value} = 0.036$ yaitu lebih kecil dari nilai taraf signifikansi $= 0,05$ maka H_0 ditolak sehingga terdapat pengaruh positif antara penurunan frekuensi harmonik ke-3 pada variabel IHD_V terhadap nilai faktor daya. Korelasi antara variabel IHD_V dengan variabel faktor daya $= 0.507$ memiliki pengaruh positif yang cukup kuat.

PENGUJIAN HIPOTESIS STATISTIK UJI T BERPASANGAN UNTUK IHD_1 SEBELUM DIPASANGI SINGLE TUNED FILTER DAN IHD_1 SESUDAH DIPASANGI SINGLE TUNED FILTER

Pengujian Hipotesis Statistik Uji T berpasangan untuk variabel IHD_1 sebelum dipasang *Single Tuned Filter* dan sesudah dipasang *Single Tuned Filter* karena variabel IHD_1 memiliki data yang terdistribusi normal baik sebelum ataupun sesudah dipasang *Single Tuned Filter*. Hasil Pengujian Hipotesis Statistik Uji T berpasangan Untuk IHD_1 sebelum dipasang *Single Tuned Filter* dan sesudah dipasang *Single Tuned Filter* dapat dilihat pada Gambar 14. dan Gambar 15.

Paired Samples Statistics

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	IHDi Sebelum	5.8852	21	2.09328	.41866
	IHDi Sesudah	2.9820	21	1.13387	.22677

■ **Gambar 14.** Hasil Pengujian Hipotesis Statistik untuk IHD_1 sebelum dipasang filter dan sesudah dipasang filter

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	IHDi Sebelum - IHDi Sesudah	2.90320	1.21858	.24372	2.40020	3.40620	11.912	.000	

■ **Gambar 15.** Hasil Pengujian Hipotesis Statistik untuk IHD_1 sebelum dipasang filter dan sesudah dipasang filter (lanjutan)

Kesimpulan dari Gambar 14. adalah bahwa rata-rata IHD_1 sebelum difilter $= 5.8852$ dan rata-rata IHD_1 setelah difilter $= 2.9820$. Kesimpulan dari Gambar 4.10. adalah bahwa nilai $P\text{-value} = 0$ yaitu nilai $P\text{-value}$ lebih kecil dari taraf signifikansi $(\alpha) = 0.05$ maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai IHD_1 sebelum dipasang filter dan nilai IHD_1 sesudah dipasang filter.

PENGUJIAN HIPOTESIS STATISTIK UJI T BERPASANGAN UNTUK IHD_v SEBELUM DIPASANGI SINGLE TUNED FILTER DAN IHD_v SESUDAH DIPASANGI SINGLE TUNED FILTER

Pengujian Hipotesis Statistik Uji T berpasangan untuk variabel IHD_v sebelum dipasang *Single Tuned Filter* dan sesudah dipasang *Single Tuned Filter* karena variabel IHD_v memiliki data yang terdistribusi normal baik sebelum ataupun sesudah dipasang *Single Tuned Filter*. Hasil Pengujian Hipotesis Statistik Uji T berpasangan Untuk IHD_v sebelum dipasang *Single Tuned Filter* dan sesudah dipasang *Single Tuned Filter* dapat dilihat pada Gambar 16. dan Gambar 17.

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
IHDv Sebelum	2.3504	21	.75427	.15085
IHDv Sesudah	.8212	21	.24385	.04877

■ **Gambar 16.** Hasil Pengujian Hipotesis Statistik untuk IHD_v sebelum dipasang filter dan sesudah dipasang filter

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
IHDv Sebelum - IHDv Sesudah	1.52920	.81396	.16279	1.19322	1.86518	9.394	24	.000

■ **Gambar 17.** Hasil Pengujian Hipotesis Statistik untuk IHD_v sebelum dipasang filter dan sesudah dipasang filter (lanjutan)

Kesimpulan dari Gambar 16. adalah bahwa rata-rata IHD_v sebelum difilter = 2.3504 dan rata-rata IHD_v setelah difilter = 0.8212. Kesimpulan dari Gambar 4.12. adalah bahwa nilai *P-value* = 0 yaitu nilai *P-value* lebih kecil dari taraf signifikansi (α) = 0.05 maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai IHD_v sebelum dipasang filter dan nilai IHD_v sesudah dipasang filter.

PENGUJIAN HIPOTESIS STATISTIK UJI T BERPASANGAN UNTUK FAKTOR DAYA SEBELUM DIPASANGI SINGLE TUNED FILTER DAN FAKTOR DAYA SESUDAH DIPASANGI SINGLE TUNED FILTER

Pengujian Hipotesis Statistik Uji T berpasangan untuk variabel Faktor daya sebelum dipasang *Single Tuned Filter* dan sesudah dipasang *Single Tuned Filter* karena variabel Faktor Daya memiliki data yang terdistribusi normal baik sebelum ataupun sesudah dipasang *Single Tuned Filter*. Hasil Pengujian Hipotesis Statistik Uji T berpasangan Untuk Faktor Daya sebelum dipasang *Single Tuned Filter* dan sesudah dipasang *Single Tuned Filter* dapat dilihat pada Gambar 18. dan Gambar 19.

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean

Pair 1	PF Sebelum	.8480	21	.02466	.00493
	PF Sesudah	.9780	21	.00577	.00115

■ **Gambar 18.** Hasil Pengujian Hipotesis Statistik untuk Faktor Daya sebelum dipasang filter dan sesudah dipasang filter

Paired Samples Test								
	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 PF Sebelum - PF Sesudah	-.13000	.02828	.00566	-.14168	-.11832	-22.981	24	.000

■ **Gambar 19.** Hasil Pengujian Hipotesis Statistik untuk Faktor Daya sebelum dipasang filter dan sesudah dipasang filter (lanjutan)

Kesimpulan dari Gambar 18. adalah bahwa rata-rata Faktor Daya sebelum difilter = 0.8480 dan rata-rata Faktor Daya setelah difilter = 0.9780. Kesimpulan dari Gambar 19 adalah bahwa nilai *P-value* = 0 yaitu nilai *P-value* lebih kecil dari taraf signifikansi (α) = 0.05 maka H_0 ditolak sehingga terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai faktor daya sebelum dipasang filter dan nilai faktor daya sesudah dipasang filter.

PEMBAHASAN

Uji kenormalan data (*liliefors*) pada THD_I dan faktor daya menunjukkan bahwa data dari variabel THD_I dan variabel faktor daya terdistribusi normal sehingga menggunakan pengujian hipotesis statistik Korelasi *Pearson Product Moment*. Hasil dari Pengujian hipotesis statistik adalah bahwa Korelasi antara variabel IHD_I dengan variabel faktor daya = 0.565 maka hubungan diantara kedua variabel memiliki pengaruh positif yang cukup kuat. Nilai korelasi tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil nilai IHD_I maka semakin tinggi nilai faktor daya. Pengujian Hipotesis Statistik untuk IHD_V dan faktor daya menggunakan korelasi *Pearson Product Moment* dikarenakan kedua variabel memiliki data yang terdistribusi normal. Hasil dari Pengujian Hipotesis Statistik adalah adanya Korelasi antara variabel IHD_V dengan variabel faktor daya = 0.507 sehingga memiliki pengaruh positif yang cukup kuat. Koefisien korelasi tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil nilai IHD_V maka semakin tinggi nilai faktor daya.

Hasil dari Pengujian Hipotesis Statistik Uji T berpasangan untuk variabel IHD_I sebelum dipasang *Single Tuned Filter* dan sesudah dipasang *Single Tuned Filter* adalah bahwa rata-rata IHD_I sebelum difilter = 5.8852 dan rata-rata IHD_I setelah difilter = 2.9820 dari hasil rata-rata ini disimpulkan bahwa nilai IHD_I sesudah difilter lebih kecil dibandingkan dengan nilai IHD_I sebelum difilter. Nilai IHD_I telah tereduksi sesudah difilter. Hasil dari Pengujian Hipotesis Statistik Uji T berpasangan untuk variabel IHD_V sebelum dipasang *Single Tuned Filter* dan sesudah dipasang *Single Tuned Filter* bahwa rata-rata IHD_V sebelum difilter = 2.3504 dan rata-rata IHD_V setelah difilter = 0.8212 dari hasil rata-rata ini disimpulkan bahwa nilai IHD_V telah tereduksi setelah dipasang *Single Tuned Filter*.

Pengujian Hipotesis Statistik Uji T berpasangan untuk variabel Faktor daya sebelum dipasang *Single Tuned Filter* dan sesudah dipasang *Single Tuned Filter* karena variabel Faktor Daya memiliki data yang terdistribusi normal baik sebelum ataupun sesudah dipasang *Single Tuned Filter*. Hasil dari Pengujian Hipotesis Statistik ini adalah bahwa rata-rata Faktor Daya sebelum difilter = 0.8480 dan rata-rata Faktor Daya setelah difilter = 0.9780 dari rata-rata ini terlihat bahwa sesudah difilter rata-rata nilai faktor daya naik, berarti *Single Tuned Filter* ini mampu mereduksi frekuensi harmonik ke-3 dan menaikkan nilai faktor daya dengan baik.

PERHITUNGAN RANGKAIAN SINGLE TUNED FILTER

Berikut adalah rumus-rumus untuk melakukan perhitungan dalam perancangan *Single Tuned Filter*:

1. Perhitungan mencari nilai Q_{VAR}

$$\begin{aligned}
 Q_{VAR} &= \sqrt{\left|\frac{0.255}{0.85}\right|^2 + 0.255^2} - \sqrt{\left|\frac{0.255}{0.9}\right|^2 + 0.255^2} \\
 &= \sqrt{0.09 - 0.65} - \sqrt{0.080 - 0.65} \\
 &= 0.748 - 0.734 \\
 &= 0.00698 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan mencari nilai X_C

$$X_C = \frac{220^2}{122.9} = \frac{48400}{122.9} = 393.81 \Omega$$

3. Perhitungan mencari nilai C

$$C = \frac{1}{1 \times 3.14 \times 50 \times 393.81} = \frac{1}{123.656} = 8.086 \mu\text{F} \sim 10 \mu\text{F}$$

4. Perhitungan mencari nilai X_L

$$X_L = \frac{393.81}{2.9^2} = \frac{393.81}{8.41} = 46.826 \Omega$$

5. Perhitungan mencari nilai L

$$L = \frac{46.826}{2 \times 3.14 \times 50} = \frac{46.826}{314} = 113 \text{ mH}$$

6. Perhitungan resonansi pada frekuensi harmonik ke-3 yaitu 150 Hz

$$f = \frac{1}{2 \times 3.14 \sqrt{113\text{mH} \times 10\mu\text{F}}} = \frac{1}{66.75 \times 10^{-4}} = 149.81 \text{ Hz} \sim 150 \text{ Hz}$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan, dapat diberikan beberapa kesimpulan dan saran yaitu :

Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis terhadap pengaruh *Single Tuned Filter* terhadap frekuensi harmonik ketiga pada beban rumah tangga 2200 VA, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penurunan frekuensi harmonik ke-3 pada nilai IHD_I dan IHD_V memiliki pengaruh positif yang cukup kuat terhadap nilai faktor daya, yaitu jika nilai IHD_I dan IHD_V mengecil maka nilai faktor daya akan membesar.
2. Nilai IHD_I dan nilai IHD_V pada beban rumah tangga 2200 VA yang sudah dipasang *Single Tuned Filter* lebih kecil dari nilai IHD_I dan nilai IHD_V pada beban rumah tangga 2200 VA yang belum dipasang *Single Tuned Filter*.
3. Nilai faktor daya pada beban rumah tangga 2200 VA yang sudah dipasang *Single Tuned Filter* lebih besar dari nilai faktor daya pada beban rumah tangga 2200 VA yang belum dipasang *Single Tuned Filter*.
4. Filter pasif yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *Single Tuned Filter* mampu mereduksi Frekuensi harmonik ke-3 dan menaikkan nilai faktor daya

Saran

Saran pada penelitian ini adalah diharapkan pada penelitian lainnya dapat membahas pengaruh *Single Tuned Filter* pada beban rumah tangga yang memiliki daya yang berbeda dan pada frekuensi harmonik lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Associated Power Technologies, *Total Harmonic Distortion and Effects in Electrical Power Systems*. APT, 2011.
- [2] S.W. Blume, "*Electric Power System Basics for The Nonelectrical Professional*". Wiley-Interscience: America. (2007)
- [3] *Harmonics and IEEE 519*. EnergyLogix Solutions Inc.
- [4] IEEE Std. 519-1992 – Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems
- [5] I. Priyadi, "Studi Penggunaan Rangkaian Filter untuk Mengurangi Efek Harmonisa pada Lampu Hemat Energi", Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia
- [6] Y.S. Cho and H. Cha, *Single-tuned Passive Harmonic Filter Design Considering Variances of Tuning and Quality Factor*. Journal of International Council on Electrical Engineering Vol. 1 No. 1, pp 7 -13,2011.

- [7] E. Sopyandi. "Perancangan Single Tuned Filter untuk Mereduksi Arus dengan Simulasi Program ETAP Powerstation 5.0.3", Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Depok, Indonesia
- [8] Abiddin. F. J," ANALISIS UNJUK KERJA HARMONIK DIINSTALASI LISTRIK INDUSTRI DAN UPAYA PENANGGULANGANNYA",Jurusan Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta,Indonesia.
- [9] Widiarto. E dan Jamaah.A,"*Perancangan Low Pass RC Filter untuk Mereduksi Harmonik pada Lampu Hemat Energi (LHE) 20W*", Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Semarang, Semarang, Indonesia.