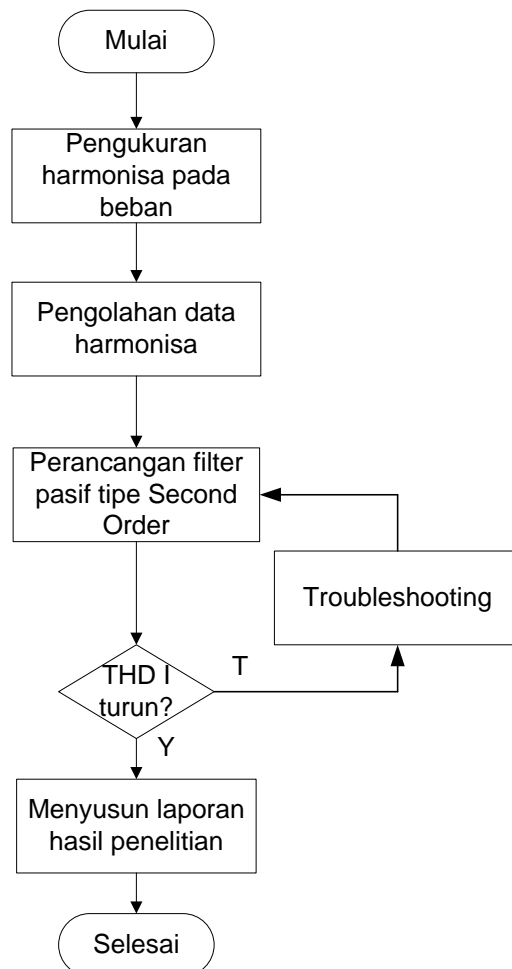


### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 1.1 Prosedur penelitian

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa langkah antara lain, pengukuran harmonisa pada beban, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan dan pengolahan data temuan dari pengukuran harmonisa, setelah itu dilakukan perancangan filter pasif tipe *second order*, selanjutnya dilakukan pengujian dengan filter yang sudah dibuat untuk melihat besar penurunan nilai THD. Adapun diagram alir peneliian adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

## 1.2 Objek pengukuran

Pada skripsi ini objek pengukuran yang akan dijadikan acuan dalam perancangan filter harmonisa adalah beban listrik yang khususnya terdapat pada beban rumah tangga. Meskipun masalah distorsi harmonisa pada beban rumah tangga ini tidak terlalu besar, namun beban perumahan di Indonesia sangat banyak maka masalah distorsi harmonisa ini akan terakumulasi dan memiliki dampak yang cukup signifikan pada sistem tenaga listrik.

Oleh karena itu objek yang akan diukur adalah beberapa peralatan listrik yang biasanya terdapat pada beban rumah tangga. Objek tersebut akan diuji (diukur) untuk mengetahui karakteristik arus, tegangan, daya, *power factor*, dan juga harmonisa. Berikut ini adalah beberapa peralatan listrik yang akan dijadikan objek pengukuran :

Tabel 3.1 Spesifikasi Beban Objek pengukuran

NO	Jenis peralatan	Jumlah	Daya (W)	Tegangan (V)	Frekuensi (Hz)
1	Lampu Hemat Energi				
	A	1	5	220-240	50-60
	B	1	15	220-240	50-60
	C	1	18	220-240	50-60
	D	1	20	220-240	50-60
2	Televisi (CRT)	1	64	110-220	50-60
3	Laptop	1	65	110-240	50-60
	PC				
4	CPU	1	200	220-240	50-60
	LCD	1	25	220-240	50-60

Besar daya pada tiap beban yang ada pada tabel merupakan nilai daya yang tertera pada nameplate dan bukan merupakan hasil pengukuran. Setelah diketahui karakteristik tiap beban terutama pada karakteristik harmonisnya maka selanjutnya akan dilakukan simulasi pada komputer untuk mengetahui seberapa besar nilai harmonisa yang dapat direduksi.

### 3.3 Peralatan Pengukuran

Peralatan pengukuran yang digunakan dalam pengambilan data ini adalah Power Analyzer bermerk Hioki dengan seri 3286-20. Peralatan ini mampu mengukur berbagai komponen listrik seperti tegangan (V), arus (I), frekuensi (f), daya kompleks (S), daya nyata (P), daya reaktif (Q), energi, dan juga faktor daya (PF). Selain itu, alat ini juga mampu mengukur komponen harmonisa arus dan tegangan sampai dengan orde ke-20. Alat ini memiliki input 3 terminal (3 fasa) apabila digunakan untuk mengukur 1 fasa maka 2 input lainnya dihubungkan ke netral.



Shofy Mujtanibul Fawahisy, 2017

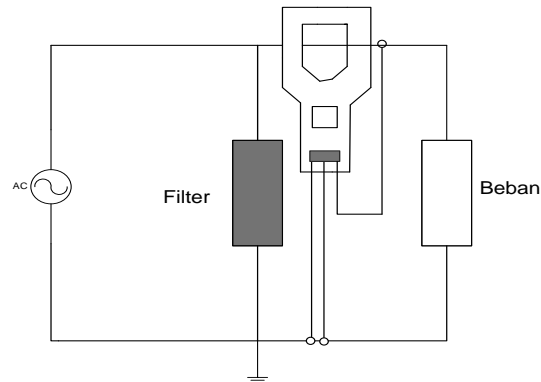
*RANCANG BANGUN FILTER PASIF TIPE SECOND ORDER UNTUK MEREDUKSI HARMONISA PADA BEBAN RUMAH TANGGA*

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Gambar 3.2 Hioki Power Tester 3286-20

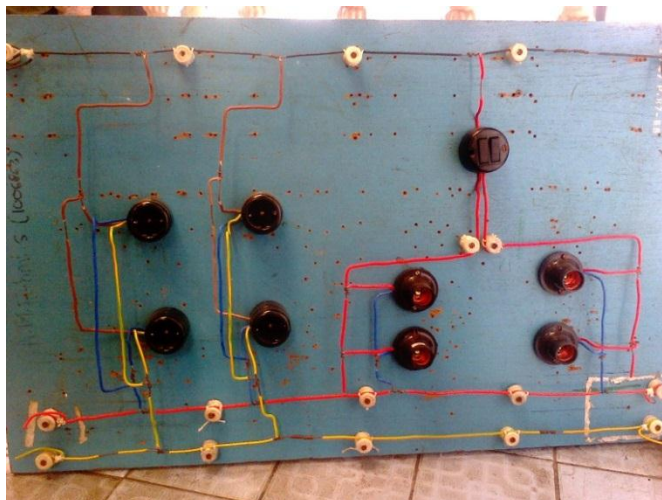
### 3.4 Rangkaian Pengukuran

Untuk mendapatkan karakteristik beban pada beban rumah tangga digunakan rangkaian pengukuran seperti pada gambar berikut :



Gambar 3.3 Rangkaian pengukuran harmonisa pada beban rumah tangga

Filter pasif yang digunakan untuk mereduksi harmonisa pada beban rumah tangga didesain untuk mereduksi harmonisa pada beban rumah tangga secara menyeluruh atau dalam skripsi ini yaitu semua beban yang sudah diukur harmonisanya. Selain itu untuk memudahkan pengukuran dibuat juga papan instalasi yang akan digunakan untuk mensupply beban dengan energi listrik. Papan instalasi ini dibuat sebagai pengganti instalasi pada rumah tangga.



Shofy Mujtanibul Fawahisy, 2017

**RANCANG BANGUN FILTER PASIF TIPE SECOND ORDER UNTUK MEREDUKSI HARMONISA PADA BEBAN RUMAH TANGGA**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Gambar 3.4 Papan Instalasi yang digunakan untuk mengukur harmonisa pada beban rumah tangga

### 3.5 Prosedur Pengukuran

Berikut prosedur pengukuran yang akan dilakukan dalam penelitian ini :

1. Memasang rangkaian seperti pada gambar rangkaian pengukuran diatas.
2. Melakukan pengukuran harmonisa pada tiap beban sebagai referensi untuk mengetahui karakteristik beban masing-masing dan mengetahui beban mana yang menjadi penyumbang harmonisa terbesar. Pengukuran dilakukan dalam 3 waktu untuk mengetahui kestabilan nilai harmonisa yang diukur.
3. Melakukan pengukuran harmonisa pada beban rumah tangga yang dipasang secara menyeluruh (semua beban terpasang) untuk mengetahui karakteristik harmonisa pada keadaan semua beban terpasang. Pengukuran dilakukan dalam 3 waktu untuk mengetahui kestabilan nilai harmonisa yang diukur.
4. Melakukan perancangan filter pasif tipe *second order* berdasarkan data pengukuran harmonisa yang didapat. Dikarenakan filter pasif didesain untuk mereduksi harmonisa secara menyeluruh maka data pengukuran yang dipakai adalah data pengukuran harmonisa beban secara menyeluruh. Dipilih filter pasif karena memiliki keuntungan dari segi ekonomis dan rangkaiannya yang cukup simpel, selain itu filter pasif tipe *second order* ini merupakan filter pasif shunt yang mampu menyuplai daya reaktif yang dibutuhkan beban (Andrias, 2011).
5. Melakukan pengukuran harmonisa setelah pemasangan filter untuk melihat karakteristik harmonisa beban setelah diberi filter.
6. Melakukan analisa dengan membandingkan data pengukuran harmonisa pada saat sebelum diberi filter dan sesudah diberi filter.

### 3.6 Langkah Kerja

Dalam melakukan perancangan filter pasif tipe *second order* ini terdapat beberapa langkah kerja yang harus dilakukan yaitu :

#### 3.6.1 Mengidentifikasi Orde Harmonisa

Sebelum melakukan perhitungan untuk merancang filter, terlebih dahulu kita perlu menentukan orde harmonisa yang akan kita reduksi atau dalam hal ini yang akan kita filter. Data harmonisa tertinggi digunakan untuk menentukan orde harmonisa yang akan direduksi.

Orde harmonisa ganjil biasanya memiliki harmonisa yang lebih tinggi daripada orde harmonisa genap. Orde harmonisa tinggi inilah yang menyebabkan gelombang listrik menjadi tidak sinusoidal. Semakin banyak orde harmonisa yang memiliki nilai harmonisa tinggi maka bentuk gelombang listrik akan semakin jauh dari bentuk sinusoidal dan semakin mendekati bentuk kotak. Maka dari itu orde harmonisa ganjil sering menjadi target untuk direduksi.

#### 3.6.2 Menentukan Nilai QVAR

Setelah menentukan orde harmonisa yang akan direduksi, langkah selanjutnya yaitu menentukan besarnya daya reaktif yang akan disuplai ke sistem untuk memperbaiki faktor daya. Untuk mendapatkan nilai faktor daya dari beban total maka diperlukan data besar daya dari beban total. Dari persamaan (2.12), faktor daya dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$PF = \frac{P}{S}$$

Setelah menentukan nilai faktor daya, langkah selanjutnya yaitu menentukan besar daya reaktif yang akan disuplai guna memperbaiki faktor daya. Untuk menentukan besar nilai daya reaktif yang diperlukan, dapat dicari menggunakan persamaan (2.13) :

$$Q_{var} = \sqrt{\left[\frac{P_1}{PF_0}\right]^2 - P_1^2} - \sqrt{\left[\frac{P_1}{PF}\right]^2 - P_1^2}$$

### 3.6.3 Menentukan Nilai Reaktansi Kapasitor dan Induktor

Setelah menentukan nilai QVAR maka langkah selanjutnya yaitu menentukan nilai reaktansi dari kapasitor dan induktor dari filter pasif yang akan dibuat. Untuk menentukan nilai reaktansi dari kapasitor dapat digunakan persamaan :

$$X_C = \frac{KV_{Rated}^2}{MVar_{Rated}} \quad (3.1)$$

Besar nilai kapasitor dapat dicari dengan persamaan :

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} \quad (3.2)$$

Dengan  $f$  = frekuensi fundamental (50 Hz)

Kemudian besar reaktansi impedansi filter ditentukan dengan persamaan :

$$X_L = \frac{X_C}{n^2} \quad (3.3)$$

Dengan  $n$  = orde harmonisa yang akan direduksi (disetel sedikit dibawah ordenya).

Besar induktansi induktor dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} \quad (3.4)$$

Berikutnya yaitu menghitung karakteristik reaktansi untuk mencari nilai resistansi pada filter yang dibutuhkan. Perhitungannya dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$X_n = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (3.5)$$

Dari nilai karakteristik reaktansi yang didapat, maka besarnya resistansi yang dibutuhkan dapat dicari dengan persamaan :

$$R = \frac{X_n}{Q} \quad (3.6)$$

Pada perancangan filter kali ini, nilai Q yang digunakan adalah sebesar 85. Nilai faktor kualitas (Q) merupakan ukuran ketajaman penyetalan filter dalam mereduksi harmonik, maka dalam hal ini digunakan nilai yang tinggi yaitu 85.

### 3.6.4 Menentukan Nilai Standar Harmonisa

Untuk mengetahui nilai standar harmonisa yang diijinkan (standar IEEE 519 - 1992) maka perlu diketahui terlebih dahulu nilai tegangan yang digunakan serta nilai  $I_{sc}/I_L$ .

Tabel 3.2 Data hasil pengukuran beban total

Nilai Terukur	Besar
P(Watt)	165
S (VA)	215
PF	0,767
Q	138,46
I	0,95



Karena nilai tegangan untuk sistem listrik rumah tangga diketahui sebesar 220 V maka standar yang diijinkan untuk harmonisa tegangan adalah 5 %. Berikut perhitungan nilai  $I_{sc}/I_L$  :

$$R_p = \frac{V^2}{P} \quad (3.7)$$

Dari hasil perhitungan diketahui nilai  $R_p$  sebesar 293,33  $\Omega$ .

$$X_p = \frac{V^2}{Q} \quad (3.8)$$

Dari hasil perhitungan diketahui nilai  $X_p$  sebesar 349,56  $\Omega$ .

$$Z = j \frac{R_p X_p}{R_p + X_p} \quad (3.9)$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai  $Z$  sebesar 159,50  $< 90^0 \Omega$ .

$$I_{sc} = \frac{V}{Z} \quad (3.10)$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai  $I_{sc}$  sebesar 1,38 A.

Sehingga nilai  $I_{sc}/I_L$  sebesar 1,45 A maka standar THD arus yang diijinkan adalah sebesar 5 %.

### 3.7 Spesifikasi Filter untuk Beban Total

Dikarenakan besar harmonisa tegangan kecil dan masih dalam batas standar maka yang akan direduksi adalah harmonisa arusnya. Berikut nilai rata-rata hasil pengukuran harmonisa arus pada beban total :

Tabel 3.3 Hasil pengukuran harmonisa arus pada beban total

Harmonisa orde ke-	Nilai arus harmonisa
1	100% 0,76

2	2,2%	0,02
3	54,6%	0,41
4	2,6%	0,02
5	40,7%	0,31
6	2,5%	0,02
7	20,6%	0,16
8	1,3%	0
9	11,2%	0,08
10	0,4%	0
11	6,0%	0,05
12	0,7%	0
13	9,8%	0,07
14	1,4%	0,01
15	10,9%	0,08
16	0,8%	0
17	5,1%	0,04
18	0,4%	0
19	5,2%	0,04
20	0,2%	0

Nilai harmonisa arus tertinggi terdapat pada orde 3 yaitu sebesar 54,60 % dengan nilai arus harmonisanya sebesar 0,41 A.

Berikut ini adalah data beban yang akan di filter :

Tabel 3.4 Karakteristik daya pada beban total

Nilai Terukur	Besar
---------------	-------

P(Watt)	165
S (VA)	215
PF	0,767

Berdasarkan data diatas besarnya faktor daya yang diperoleh adalah 0,766 jika filter ini akan memperbaiki faktor daya menjadi 0,98 maka untuk memperoleh besar nilai daya reaktif yang diperlukan dapat diperoleh dengan persamaan (2.13) :

$$Q_{var} = \sqrt{\left[\frac{165}{0,766}\right]^2 - (165)^2} - \sqrt{\left[\frac{165}{0,98}\right]^2 - (165)^2}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai QVAR sebesar 105,4 Var atau sebesar 0,1054 Kvar.

Setelah mendapatkan nilai QVAR, maka dihitung nilai reaktansi kapasitor filter. Untuk menentukan nilai reaktansi dari kapasitor dapat digunakan persamaan (3.1):

$$X_C = \frac{(0,22)^2}{(0,1054 \cdot 10^{-3})}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai reaktansi kapasitor sebesar 459,20  $\Omega$  maka besar nilai kapasitor dapat dicari dengan persamaan (3.2):

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot (50) \cdot (459,20)}$$

Dengan f = frekuensi fundamental (50 Hz)

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai kapasitor sebesar 6,935  $\mu\text{f}$  karena di pasaran tidak tersedia maka nilainya diturunkan menjadi 6,8  $\mu\text{f}$  yang tersedia dipasaran,

karena nilai kapasitornya diganti maka nilai reaktansi kapasitor perlu dihitung ulang menjadi :

$$6,8 \cdot 10^{-6} = \frac{1}{2\pi \cdot (50) \cdot (X_C)}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai reaktansi kapasitor sebesar 468,34  $\Omega$  maka dicari yang selanjutnya yaitu mencari nilai induktor filter, namun sebelumnya perlu dicari terlebih dahulu nilai reaktansi induktor. Besar reaktansi impedansi filter ditentukan dengan persamaan (3.3) :

$$X_L = \frac{468,34}{(3-0,2)^2}$$

Dengan n = orde harmonisa yang akan direduksi (disetel sedikit dibawah ordenya). Orde yang dituju yaitu orde 3 maka disetel sedikit dibawahnya menjadi 2,8. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai reaktansi induktor sebesar 59,73  $\Omega$ . Besar induktansi induktor dapat ditentukan dengan persamaan (3.4) :

$$L = \frac{59,73}{2\pi(50)}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai induktansi induktor sebesar 0,190 H atau 190 mH Berikutnya yaitu menghitung karakteristik reaktansi untuk mencari nilai resistansi pada filter yang dibutuhkan. Perhitungannya dapat dicari dengan persamaan (3.5) :

$$X_n = \sqrt{\frac{0,190}{6,8 \cdot 10^{-6}}}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai karakteristik reaktansi sebesar 167,156  $\Omega$  Dari nilai karakteristik reaktansi yang didapat, maka besarnya resistansi yang dibutuhkan dapat dicari dengan persamaan (3.6) :

$$R = \frac{167,156}{85}$$

Pada perancangan filter kali ini, nilai Q yang digunakan adalah sebesar 85. Nilai faktor kualitas (Q) merupakan ukuran ketajaman penyyetelan filter dalam mereduksi harmonik, maka dalam hal ini digunakan nilai tertinggi yaitu 85. Maka nilai Resistansi yang diperlukan sebesar  $1,96 \Omega$  atau dibulatkan menjadi  $2 \Omega$ .

Berdasarkan perhitungan diatas, berikut spesifikasi filter/nilai komponen yang akan dipakai untuk filter pasif *second order* yang digunakan untuk mereduksi beban rumah tangga :

Tabel 3.5 Spesifikasi Filter Pasif *Second order* untuk Beban Total

Spesifikasi	Desain	Model
C	6,935 $\mu\text{f}$	6,8 $\mu\text{f}$
L	190 mH	187,4 mH
R	1,96 $\Omega$	2 $\Omega$
Quality Factor	85	83,57

Besar impedansi filter berdasarkan persamaan (2.14) :

$$Z_f = \frac{2((2,8) \cdot (59,73))^2}{(2)^2 + ((2,8) \cdot (59,73))^2} + j \left[ \frac{(2)^2((2,8) \cdot (59,73))}{(2,8)^2 + ((2,8) \cdot (59,73))^2} - \frac{468,34}{(2,8)} \right]$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai  $Z_f$  sebesar  $(2 - j 167,24)$  atau sebesar  $167,25 \angle -89,31^\circ \Omega$

### 3.7.1 Perhitungan Kerja Fundamental Filter

Paremeter kerja fundamental filter terdiri dari :

- Impedansi fundamental

$$\begin{aligned} X_{fund} &= |X_L - X_C| \\ &= |59,73 - 468,34| \end{aligned} \quad (3.11)$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai  $X_{fund}$  sebesar 408,61  $\Omega$

- Arus Fundamental

$$\begin{aligned} I_{fund} &= \frac{V_{actual}}{X_{fund}} \\ &= \frac{222,3}{408,61} \end{aligned} \quad (3.12)$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai  $I_{fund}$  sebesar 0,54 A

- Tegangan Kapasitor

$$\begin{aligned} V_C &= I_{fund} \times X_C \\ &= 0,54 \times 468,34 \end{aligned} \quad (3.13)$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai  $V_C$  sebesar 252,90 V

- Rating Kapasitor

$$\begin{aligned} VAR_{fund} &= I_{fund} \times V_{rated} \\ &= 0,54 \times 400 \end{aligned} \quad (3.14)$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai  $VAR_{fund}$  sebesar 216 VAR

### 3.7.2 Perhitungan Kerja Harmonisa Filter

Pada perhitungan kerja harmonisa filter hal yang harus diperhatikan yaitu nilai arus harmonisa. Arus harmonisa pada sistem terdapat 2 jenis yaitu harmonisa dari sumber dan harmonisa dari beban. Pada perhitungan kerja harmonisa filter dalam skripsi ini arus harmonisa dari sumber diasumsikan tidak ada karena nilainya sangat kecil sehingga tidak terlalu berpengaruh.

- Arus harmonisa total filter

Dari hasil pengukuran didapatkan nilai harmonisa arus tertinggi pada orde ke 3 yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 54,6 %. Maka besar arus hamonisa dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$I_h = I_h(p.u) \times \frac{VA}{V_{actual}} \quad (3.15)$$

$$= 54,6 \% \times \frac{215}{222,3}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai arus harmonisa filter sebesar 0,528 A

- Tegangan harmonisa kapasitor

$$\begin{aligned} V_{Ch} &= \frac{I_h \times X_C}{h} & (3.16) \\ &= \frac{0,528 \times 468,34}{3} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai tegangan harmonisa filter sebesar 82,42 V.

### 3.7.3 Perhitungan total kerja filter

- Arus rms total :

$$\begin{aligned} I_{rms} &= \sqrt{I_{fund}^2 + I_h^2} & (3.17) \\ &= \sqrt{0,54^2 + 0,528^2} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai arus rms total sebesar 0,755 A

- Tegangan Puncak

$$\begin{aligned} V &= V_C + V_{Ch} & (3.18) \\ &= 252,90 + 82,42 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai tegangan puncak sebesar 335,32 V

- Tegangan rms :

$$V_{rms} = \sqrt{V_c^2 + V_{ch}^2} \quad (3.19)$$

$$= \sqrt{252,90^2 + 82,42^2}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai tegangan rms sebesar 266 V

- VAR<sub>total</sub> :

$$\begin{aligned} \text{VAR}_{\text{total}} &= I_{\text{rms}} \times V_{\text{rms}} & (3.20) \\ &= 0,755 \times 266 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai VAR<sub>total</sub> sebesar 200,83 VAR.

Dari hasil perhitungan diatas dapat ditentukan perbandingan batasan kerja filter terhadap nilai aktual dari kerja filter tersebut :

Tabel 3.6 Perbandingan batasan kerja filter

Kerja	Definisi	Batasan (%)	Nilai Aktual	Nilai Aktual (%)
Tegangan puncak	$V/V_{\text{rated}}$	120	335,32/400	83,83
Tegangan RMS	$V_{\text{rms}}/V_{\text{rated}}$	110	266/400	66,50
Arus RMS	$I_{\text{rms}}/I_{\text{fund}}$	180	0,755/0,54	139
VAR	$\text{VAR}_{\text{total}}/\text{VAR}_{\text{fund}}$	135	200,83/216	92,97

Dari tabel di atas, semua nilai batasan kerja filter berada dibawah nilai batasan, maka filter dapat dikatakan aman untuk diuji coba.

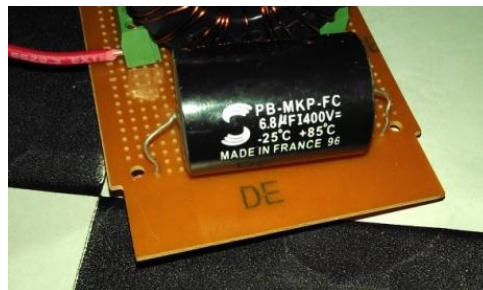


### 3.8 Desain Filter

Berikut beberapa komponen yang akan dipasang pada filter pasif tipe *second order* :

#### 3.8.1 Kapasitor

Dari hasil perhitungan didapat nilai kapasitor sebesar  $6,935 \mu\text{F}$ , namun karena dipasaran tidak tersedia maka nilainya dibulatkan menjadi  $6,8 \mu\text{F}$ . Kapasitor yang digunakan adalah tipe non polar dengan kapasitas maksimum tegangan sebesar 400 V.



Gambar 3.5 Kapasitor Non Polar

#### 3.8.2 Induktor

Dari hasil perhitungan didapat nilai induktor sebesar 190 mH. Karena induktor dapat dibuat maka diusahakan nilai induktansinya mendekati hasil perhitungan. Inti yang digunakan untuk membuat induktor pada penelitian ini menggunakan inti ferite bertipe toroid dimana inti bertipe toroid memiliki keuntungan nilai induktansi besar namun dimensi kecil yang artinya jumlah lilitan sedikit dengan nilai induktansi besar. Selain itu inti toroid memiliki medan induksi tertutup dan tidak menginduksi komponen lain yang berada didekatnya hal tersebut dikareakan inti toroid berbentuk melingkar.

Untuk mencari jumlah lilitan dengan besar induktansi yang diinginkan maka perlu dicari terlebih dahulu nilai permeabilitas bahan toroid.

Besarnya nilai permeabilitas bahan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$L = \frac{\mu_p \cdot \mu_0 \cdot N^2 \cdot A_e}{l_e} \quad (3.21)$$

Dimana :

L = Besar Induktansi

$\mu_p$  = Permeabilitas bahan

$\mu_0$  = Permeabilitas udara dengan besaran  $4\pi \cdot 10^{-7}$

N = Jumlah lilitan

$A_e$  = Luas inti ( $m^2$ )

$l_e$  = Panjang inti (m)

Toroid yang digunakan pada penelitian ini memiliki diameter luar sebesar 46 mm dan diameter dalam sebesar 25 mm serta tebal sebesar 27 mm. Dengan jumlah lilitan 10 didapat nilai induktansi sebesar 21,87 mH. Maka besarnya nilai permeabilitas bahan dapat dihitung dengan persamaan (3.21) :

$$\begin{aligned} A_e &= \left(\frac{DL-DD}{2}\right) \cdot T \\ &= \left(\frac{46-25}{2}\right) \cdot 27 \\ &= 283,5 \text{ mm}^2 = 2,835 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_e &= \pi \cdot (DL - DD) \\ &= 3,14 \cdot (46 - 25) \\ &= 65,94 \text{ mm} = 0,06594 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga besar permeabilitas bahan :

$$21,87 \cdot 10^{-3} = \frac{\mu_p \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot (10)^2 \cdot 2,835 \cdot 10^{-4}}{0,06594}$$

$$\mu_p = \frac{21,87 \cdot 10^{-3} \cdot 0,06594}{\mu_p \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot (10)^2 \cdot 2,835 \cdot 10^{-4}}$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai permeabilitas bahan sebesar 40500. Maka untuk mendapat kan nilai induktansi sebesar 190 mH diperlukan lilitan sebanyak :

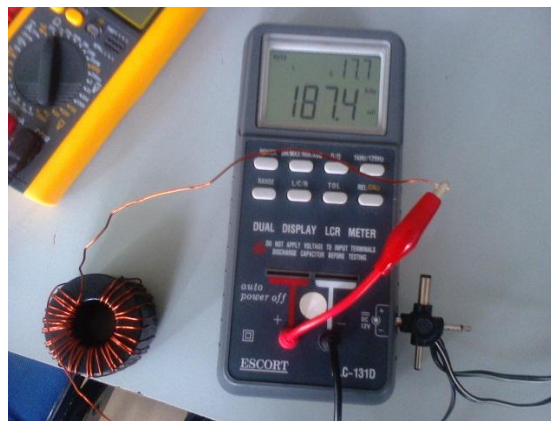
$$190 \cdot 10^{-3} = \frac{40500 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot N^2 \cdot 2,835 \cdot 10^{-4}}{0,06594}$$

$$N = \sqrt{\frac{190 \cdot 10^{-3} \cdot 0,06594}{40500 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2,835 \cdot 10^{-4}}}$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai N sebesar 29,47 lilitan maka dibulatkan menjadi 29 lilitan. Maka setelah jumlah lilitannya diubah didapat nilai induktansi sebesar :

$$L = \frac{40500 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot (29)^2 \cdot 2,835 \cdot 10^{-4}}{0,06594}$$

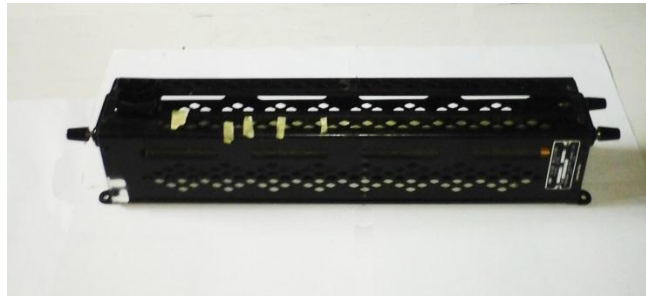
Dari hasil perhitungan didapat nilai induktansi sebesar 183,92 mH. Sedangkan dari hasil pengukuran didapat nilai induktansi sebesar 187,4 mH sehingga hasil perhitungan mendekati nilai real.



Gambar 3.6 Induktor Toroid

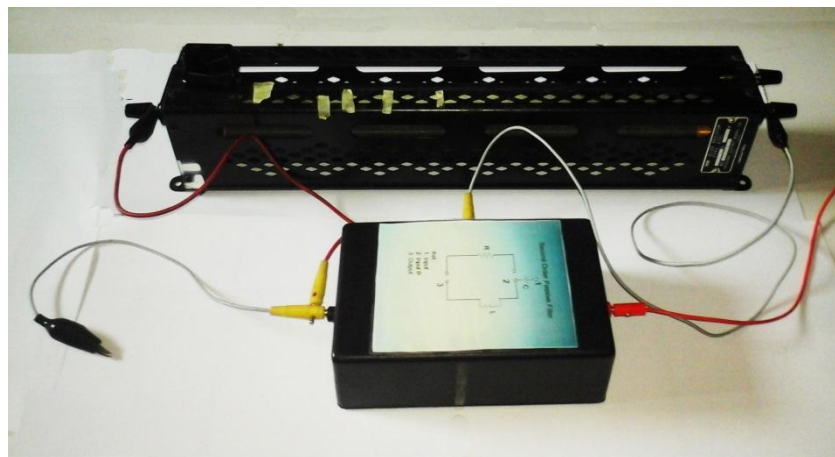
### 3.8.3 Resistor

Resistor yang digunakan pada penelitian ini adalah resistor variable dimana nilai resistansinya bisa kita atur sesuai kebutuhan, sehingga pada penelitian ini resistor variable ini bisa digunakan untuk mengetahui perubahan dari ketajaman filter tidak seperti komponen kapasitor dan induktor yang memiliki nilai tetap. Resistor ini memiliki nilai maksimum sebesar  $170 \Omega$  dan nilai minimum sebesar  $2 \Omega$ , serta kapasitas arus 1 A dan daya 170 watt. Resistor ini cocok digunakan untuk beban – beban rumah tangga karena memiliki kapasitas watt yang lumayan besar dan berbeda dengan resistor elektronika biasa yang digunakan pada rangkaian elektronika yang biasanya hanya memiliki kapasitas watt kecil.



Gambar 3.7 Resistor Variable

Berikut ini filter pasif tipe *second order* hasil rancangan :



Gambar 3.8 Filter Pasif tipe *second order*