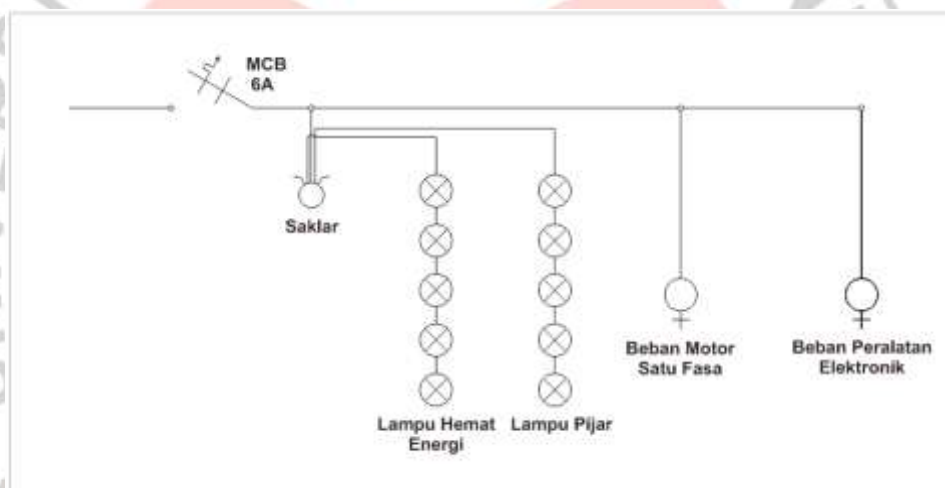


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Subjek Penelitian

Penelitian dilakukan di Lab Lama Teknik Elektro FPTK UPI dengan perencanaan rangkaian listrik yang dipasang beberapa beban listrik.

Pengukuran dilakukan pada rangkaian listrik dengan beban listrik yang telah ditentukan pada rangkaian instalasi buatan. Rangkaian ini digunakan dalam pengukuran awal untuk mengetahui karakteristik tingkat harmonisa pada beban listrik. Perencanaan sistem secara keseluruhan bisa dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Satu Garis Rangkaian

Pada rangkaian ini digunakan MCB sebagai pengaman dan kabel sebagai penghantar arus.

Tabel 3.1. Komponen pada Rangkaian

MCB	Merk BBC (BS 3871)	G 6 A	220/380 volt
Kabel	Merk Supreme	NYA 2,5 mm	450/760 volt

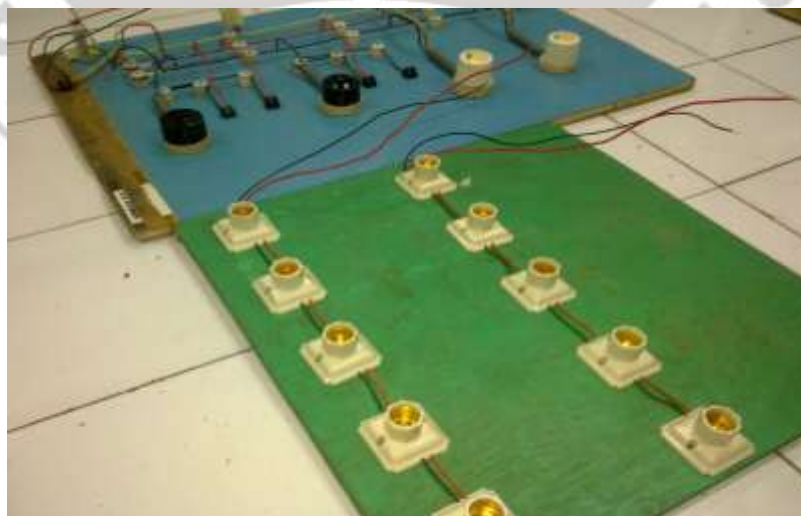
3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengukuran tingkat harmonisa pada beban listrik dan perancangan filter *single tuned* LC untuk meredam harmonisa. Cara yang dilakukan yaitu:

1. Perancangan rangkaian listrik dengan beberapa beban listrik.
2. Pengujian rangkaian
3. Melakukan perhitungan parameter beban.
4. Melakukan pengukuran tingkat harmonisa pada beban listrik
5. Pemilihan beban yang sesuai untuk difilter
6. Melakukan perhitungan filter pasif LC
7. Perencanaan dan pengujian filter pasif yang akan dipasang pada rangkaian
8. Kesimpulan, apakah tingkat harmonisa tereduksi oleh filter yang telah dirancang, sehingga dapat menurunkan harmonisa dan memperbaiki kualitas daya listrik pada sistem.

3.3 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari rangkaian listrik yang dipasang beberapa beban listrik dan alat ukur yang digunakan untuk mengetahui tingkat kandungan harmonisa.



Gambar 3.2. *Prototype* Rangkaian Listrik untuk Pengukuran.

3.3.1 Beban Listrik yang dipakai

Ada beberapa jenis beban listrik yang dipakai pada penelitian ini, beban yang dipakai sedikitnya telah mewakili beban listrik pada rumah tangga.

1. lampu hemat energi

Tabel 3.2. Lampu Hemat Energi

Beban Listrik	Jumlah	
Philips 18 watt	2	36 watt
Philips 23 watt	3	69 watt
Total	5	105 watt

2. lampu pijar

Tabel 3.3. Lampu Pijar

Beban Listrik	Jumlah	
Philips 5 watt	5	25 watt
Total	5	25 watt

3. Motor induksi satu fasa

Tabel 3.4. Spesifikasi Motor

<i>Single-Phase Squirrel Cage-Induction Motors</i>	
Tipe	080-4
P	0,75 kW
V	220 Volt
I	4,8 Ampere
Cos φ	0,95
Rpm	1410

4. Peralatan elektronik yang terdiri dari 2 buah *laptop* dan 2 buah *handphone*.

Tabel 3.5. Spesifikasi Peralatan Elektronik

Jenis Beban Listrik	Jumlah
Laptop merk Toshiba	1
Laptop merk Acer	1
Handphone merk Nokia	1
Hanphone merk Smarfren	1
Total	4

3.3.2 Alat ukur

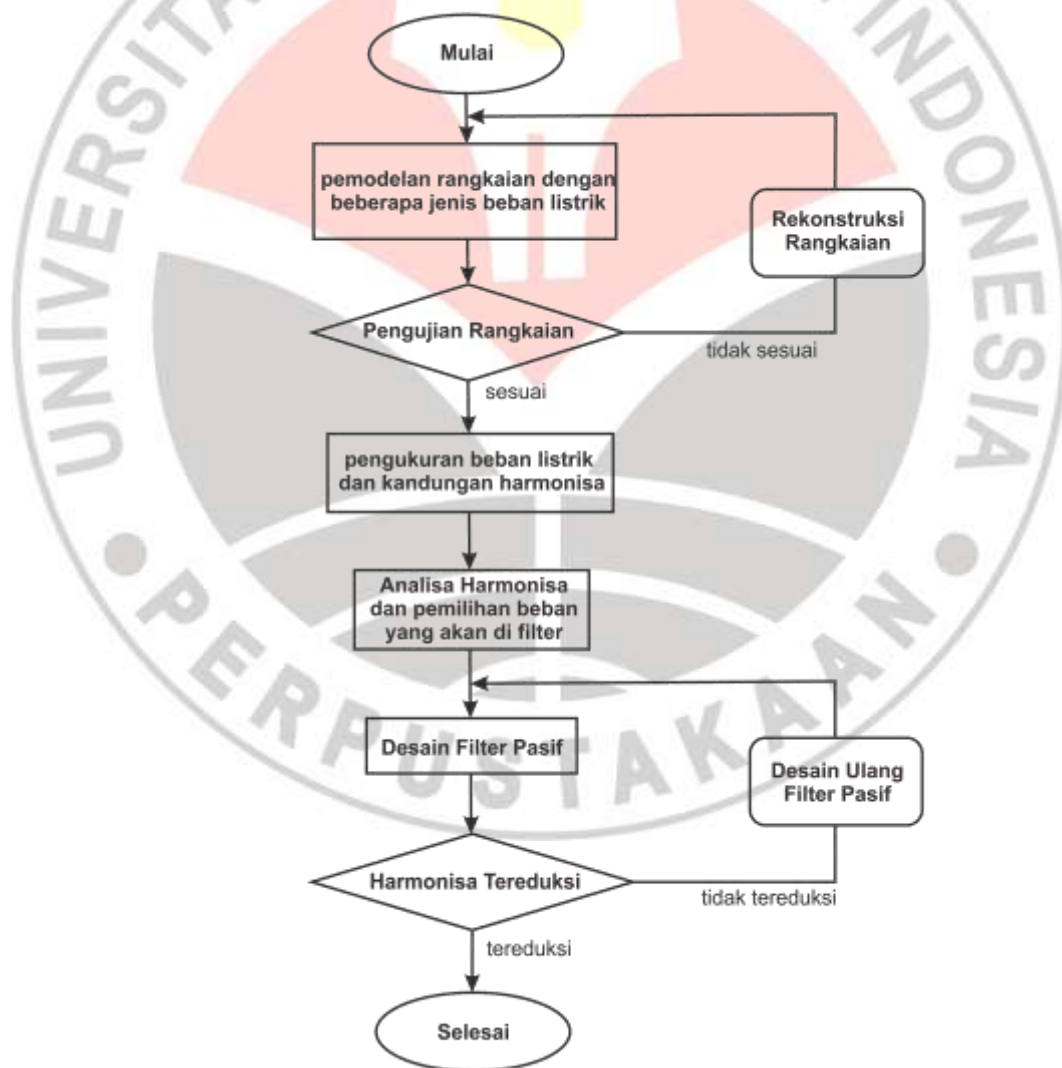
- 1 buah multimeter (merk)
2. HIOKI3286-20



Gambar 3.3. HIOKI 3286-20

3.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam tugas akhir ini adalah dengan menggunakan analisis data yang diperoleh melalui pengukuran dan perhitungan perencanaan. Teknik pengumpulan data tersebut dipilih dengan pertimbangan karena subyek dapat menghasilkan data yang lebih akurat. Pengukuran dilakukan beberapa kali sehingga dapat diketahui kesalahan-kesalahan yang terjadi dalam pengukuran. Pengukuran dilakukan berdasarkan pengalaman praktek dan analisis perhitungan-perhitungan yang telah dipelajari.



Gambar 3.4. Flow Chart Langkah-Langkah Pereduksian Harmonisa

3.5 Analisis Data

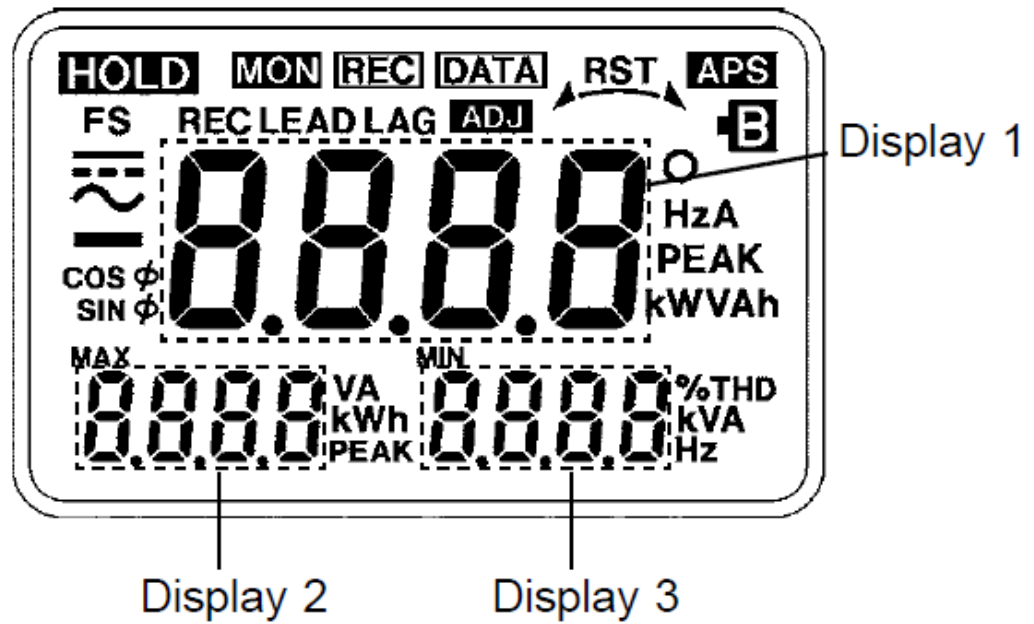
Parameter-parameter beban yang akan diukur dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 3.6. Perencanaan Data Pengukuran

Besaran	Hari/tanggal :			pukul:			ket
	motor	Lampu HE	Lampu Pijar	Peralatan elektronik	Motor + Pijar	Motor + HE	
V (volt)							
I (Ampere)							
S (kVA)							
P (kW)							
$\cos \varphi$							
f (Hz)							
THD Arus							
THD Tegangan							
Besaran	Hari/tanggal :			pukul:			ket
	HE + Pijar	HE + PE	Pijar + PE		Semua Beban		
V (volt)							
I (Ampere)							
S (kVA)							
P (kW)							
$\cos \varphi$							
f (Hz)							
THD Arus							
THD Tegangan							

Seperti yang terlihat pada tabel 3.1, parameter yang akan diukur berupa daya semu, daya nyata, tegangan, arus, faktor daya, frekuensi dan tingkat harmonisa. Pengukuran dilakukan beberapa kali pada beberapa jenis beban untuk memperoleh data pengukuran masing-masing beban dan keseluruhan atau gabungan beban pada rangkaian, pengukuran juga bertujuan untuk mendapatkan hasil sebelum dan sesudah pemasangan filter pasif harmonisa.

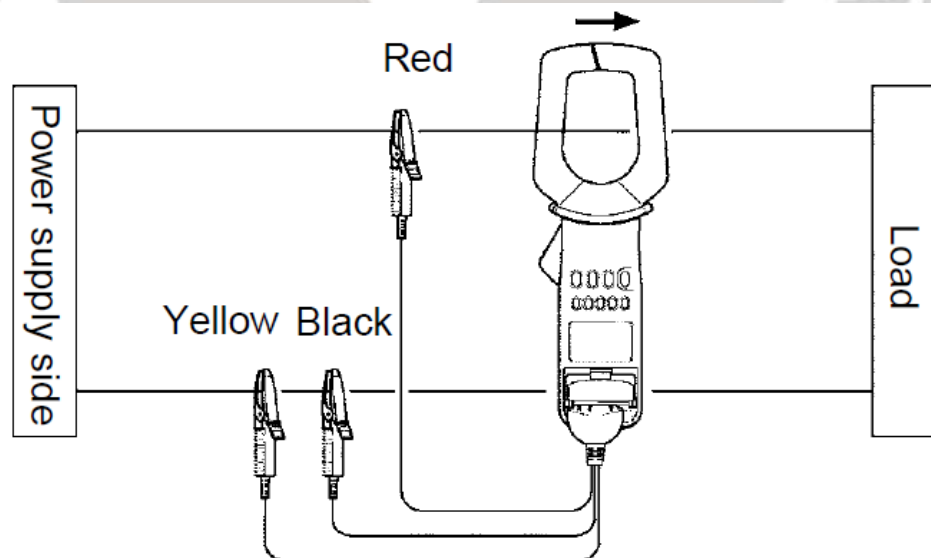
Peralatan pengukur utama pada penelitian ini yaitu Hioki 3286-20, peralatan ini dapat mengukur parameter seperti daya, tegangan, arus, faktor daya, frekuensi sistem THD arus dan THD tegangan.



Gambar 3.5. Tampilan Layar dari Alat Ukur (Hioki3286-20 E.E Corporation, 2010:7)

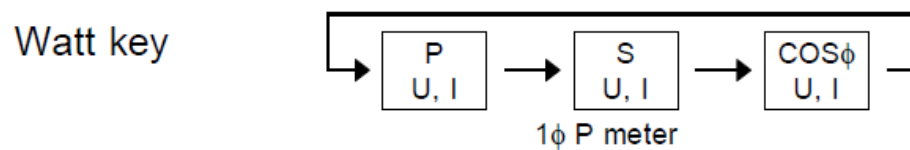
3.5.1 Pengukuran Beban

Pengukuran beban dapat dijelaskan pada gambar 3.4 yang dapat dilihat di bawah ini:



Gambar 3.6. Power Measurement on Single-Phase Two-Wire Circuit (Hioki3286-20 E.E Corporation, 2010:15)

Kabel hitam dan kuning dipasang pada kawat netral, sedangkan kabel merah dipasang pada kawat fasa. Selanjutnya tekan tombol power pada alat ukur, pada alat terdapat tombol parameter yang ingin kita ukur seperti yang terdapat pada gambar di bawah:

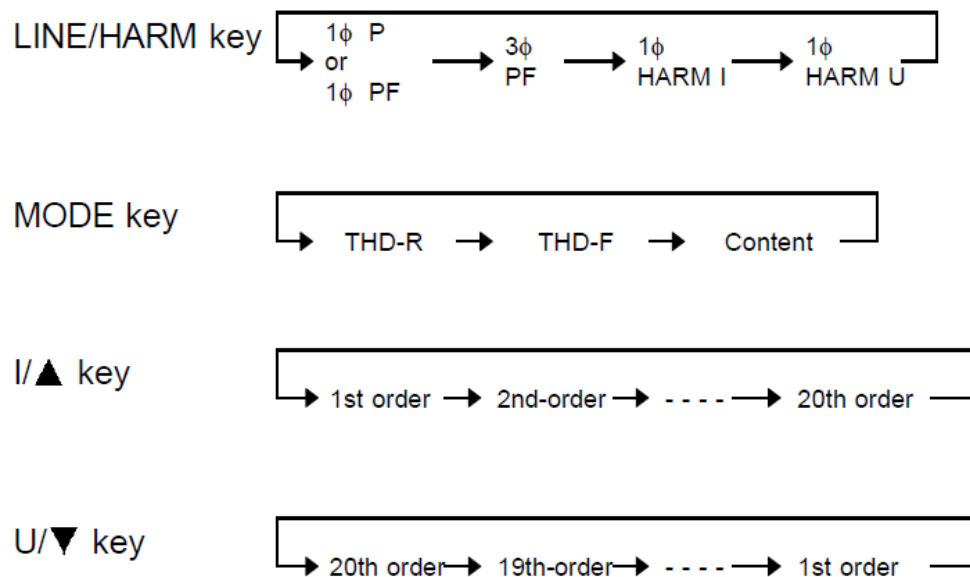


Gambar 3.7. Perhitungan Daya Nyata, Daya Semu, Tegangan dan Arus
(Hioki E.E Cooperation, 2010:9)

Dengan menekan tombol *Watt* alat akan menampilkan daya aktif sistem yang diukur dan parameter tegangan dan arus yang berada pada sisi kanan dan kiri bawah, seterusnya dengan menekan tombol *Watt* lagi maka akan muncul daya semu dan seterusnya dan kembali lagi ke penampilan pertama sesuai yang diperlihatkan oleh gambar 3.6. Setelah mendapatkan hasil pengukuran diatas, selanjutnya akan dilakukan pengukuran harmonisa.

3.5.2 Pengukuran Harmonisa

Pada alat ukur, harmonisa yang muncul yaitu *Total Harmonic Distortion* (THD). THD yang dapat diukur yaitu THD tegangan dan THD arus. THD yang bisa ditampilkan alat ukur dibatasi hanya sampai pada orde ke-20. Sesuai dengan yang diperlihatkan pada gambar 3.7.



Gambar 3.8. Perhitungan Harmonisa (Hioki E.E Cooperation, 2010:11)

Dengan menekan tombol *LINE/HARM* alat akan menampilkan besaran faktor daya satu fasa, selanjutnya tiga fasa, harmonisa arus satu fasa dan harmonisa tegangan satu fasa begitu selanjutnya akan berulang kembali. Untuk menampilkan harmonisa arus, dengan menekan *LINE/HARM – HARM I* selanjutnya menekan tombol *MODE* dan memilih *THD* yang diinginkan (*THD real*, *THD fundamental*, dan *THD* keseluruhan. Dalam penelitian ini *THD* yang dipilih yaitu *THD* keseluruhan yang didapat dengan menekan tombol *MODE* tiga kali. Begitu juga berlaku dalam pengukuran harmonisa tegangan.

Fungsi dari tombol I/panah atas dan U/panah bawah yaitu untuk memilih orde harmonisa yang akan diukur.

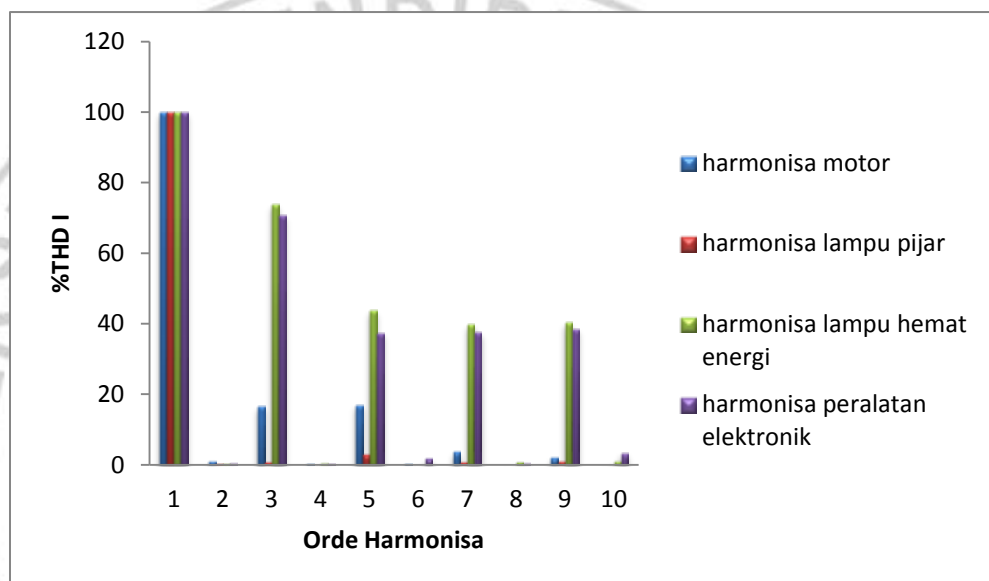
Harmonisa yang telah didapat kemudian di analisis apakah tingkat kandungan harmonisa yang terdapat dalam sistem sesuai atau melewati batas standar tingkat harmonisa yang diperbolehkan.

Untuk mengetahui tingkat harmonisa masing-masing beban, dilakukan pengukuran awal yang bertujuan untuk mendapatkan beban yang paling dominan menghasilkan harmonisa dalam sistem. Adapun hasil pengukuran awal yang didapatkan yaitu:

Tabel 3.7. Pengukuran Awal pada Rangkaian

Besaran	motor	Lampu HE	Lampu Pijar	Peralatan elektronik
V (volt)	220,1	220,4	219,6	220,6
I (Ampere)	2,04	0,81	0,54	0,07
S (kVA)	0,449	0,178	0,118	0,017
P (kW)	0,285	0,109	0,118	0,007
$\cos \varphi$	0,642	0,614	1,0	0,446
f (Hz)	50	50,2	50	50,2
THD Arus				
1	100	100	100	100
2	1,1	0,4	0,4	1,9
3	16,6	73,7	0,9	53,7
4	0,4	0,6	0,2	4,2
5	17,0	43,7	3,0	40,6
6	0,4	0,3	0,2	2,0
7	3,8	39,8	0,9	13,4
8	0,0	0,8	0,2	3,8
9	2,0	40,4	1,0	3,0
10	0,0	1,1	0,3	4,3
THD Tegangan				
1	100	100	100	100
2	0,2	0,2	0,4	0,3
3	1,6	1,7	1,6	1,7
4	0,1	0,0	0,1	0,0
5	2,5	2,7	2,7	2,6
6	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,9	1,0	0,9	1,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,6	0,8	0,7	0,6
10	0,0	0,0	0,0	0,0

Dilihat dari harmonisa arus orde ke-3 didapatkan hasil: motor (16,6%); lampu hemat energi (73,7%); lampu pijar (0,9%) dan peralatan elektronik (53,7%). Sedangkan untuk harmonisa tegangan masih dalam batas standar yang diperbolehkan. Jadi beban yang dapat dikatakan penyumbang terbesar harmonisa dalam sistem yaitu lampu hemat energi dan peralatan elektronik.



Gambar 3.9. Perbandingan Tingkat Harmonisa Arus masing-masing Beban

Oleh karena itu beban tersebut yang akan dijadikan beban dalam perancangan filter pasif pada tugas akhir ini.

3.5.3 Perencanaan Filter Pasif

Sebelum perancangan filter pasif ini, maka perlu diketahui besarnya kebutuhan daya reaktif pada sistem dan beban yang menjadi penyumbang harmonisa terbesar. Daya reaktif pada sistem ini diperlukan untuk memperbaiki sistem tersebut. Beban yang menjadi pembangkit harmonisa terbesar dapat diketahui melalui pengukuran yang telah dilakukan.

Hasil pengukuran beban yang akan difilter yang terdiri atas:

- 5 lampu hemat energi (merk: *Philips*)
- Peralatan elektronik (2 laptop dan 2 *handphone*)

Tabel 3.8. Hasil Pengukuran Beban yang Akan Difilter

Besaran	Peralatan Elektronik + LHE
P (kW)	0,149
S (kVA)	0,203
V (Volt)	218,9
I (Ampere)	0,93
Cos ϕ	0,734
f (Hz)	50

Perencanaan desain antara lain:

1. Menentukan besarnya daya reaktif yang diperlukan sesuai kebutuhan kompensasi faktor daya

Faktor daya,

$$\text{Cos } \phi = 0,734$$

$$\phi = 42,77^\circ$$

$$\tan \phi = 0,92$$

diperbaiki menjadi:

$$\text{Cos } \phi = 0,99$$

$$\phi = 8,10^\circ$$

$$\tan \phi = 0,14$$

maka dicari daya reaktif,

$$Q_c = P (\tan_{\phi_{\text{awal}}} - \tan_{\phi_{\text{akhir}}})$$

$$= 149 (0,92 - 0,14)$$

$$= 116,22 \text{ V}$$

2. Menentukan nilai kapasitor,

$$C = \frac{Q_c}{2\pi f \cdot V^2}$$

$$= \frac{116,22}{(2 \times 3,14 \times 50) \times (220)^2}$$

$$C = 7,64 \mu\text{F}$$

3. Menentukan nilai induktor,

Pada harmonisa ke-3,

Dengan

$$f_3 = n_3 \times f_1$$

$$= 3 \times 50$$

$$= 150 \text{ Hz}$$

Pada harmonisa ke-5,

$$f_5 = n_5 \times f_1$$

$$= 5 \times 50$$

$$= 250 \text{ Hz}$$

Maka,

$$L_3 = \frac{1}{(2\pi f_3)^2 \cdot C}$$

$$= \frac{1}{(2 \times 3,14 \times 150)^2 \cdot 7,64 \times 10^{-6}}$$

$$L_3 = 147 \text{ mH}$$

$$L_5 = \frac{1}{(2\pi f_5)^2 \cdot C}$$

$$= \frac{1}{(2 \times 3,14 \times 250)^2 \cdot 7,64 \times 10^{-6}}$$

$$L_5 = 53 \text{ mH}$$

4. Perencanaan induktor,

$$\begin{aligned}
 b &= \sqrt[3]{\frac{1,5 \times P}{9,9}} \\
 &= \sqrt[3]{\frac{1,5 \times 149}{9,9}} \\
 &= 2,8 \text{ cm} \approx 2,5 \text{ cm (sesuai di pasaran)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{b}{0,6561} \\
 &= \frac{2,8}{0,6561} \\
 &= 4,27 \text{ cm} \approx 4 \text{ cm (sesuai di pasaran)}
 \end{aligned}$$

Luas penampang kern,

$$\begin{aligned}
 A_C &= b \times h \\
 &= 2,5 \times 4 \\
 &= 10 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Panjang kawat,

$$\begin{aligned}
 n_3 &= \frac{L_3 \times I_{max}}{B_{max} \times A_C} \times 10^4 \\
 &= \frac{0,147 \times 0,93}{1,2 \times 10} \times 10^4 \\
 &= 113,925 \approx 114 \text{ lilitan}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_5 &= \frac{L_5 \times I_{max}}{B_{max} \times A_C} \times 10^4 \\
 &= \frac{0,053 \times 0,93}{1,2 \times 10} \times 10^4 \\
 &= 41,075 \approx 41 \text{ lilitan}
 \end{aligned}$$

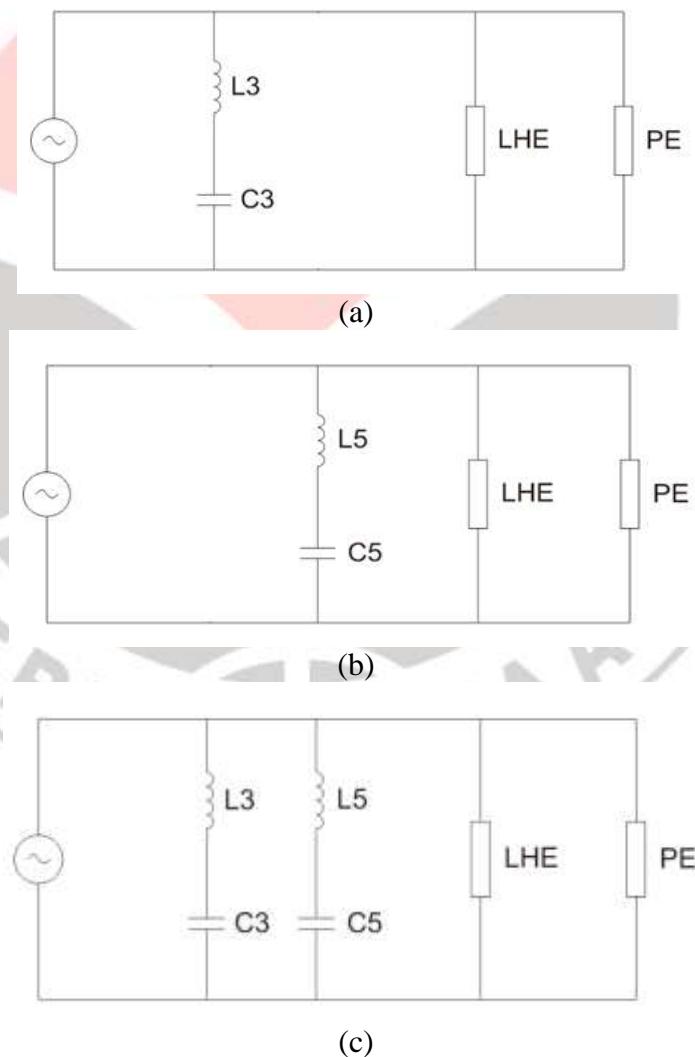
Diameter kawat,

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{I}{S}}$$

$$= \sqrt{\frac{4}{\pi} \times \frac{0,93}{5}}$$

$$= 0,48 \approx 0,5 \text{ mm}^2 \text{ (sesuai pasaran)}$$

Pengukuran akan memperlihatkan perbandingan sebelum pemasangan filter dan sesudah pemasangan. Untuk pemasangan filter dipakai dua buah filter pasif *single tunes*. Filter terdiri dari rangkaian seri induktor dan kapasitor yang dipasang paralel dengan rangkaian dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10. Pemasangan Filter Pasif, (a) Pemasangan Filter orde 3, (b) Pemasangan Filter orde 5, (c) Pemasangan Filter orde 3 dan 5

Keterangan Gambar:

- C3 = Kapasitor pada filter orde 3
- L3 = Induktor pada filter orde 3
- C5 = Kapasitor pada filter orde 5
- L5 = Induktor pada filter orde 5
- LHE = Lampu hemat energi
- PE = Peralatan elektronik

Setelah pemasangan filter, dilakukan lagi pengukuran pada rangkaian, untuk mengetahui kinerja dari filter pasif tersebut. Apabila filter dapat mereduksi harmonisa berarti filter berjalan dengan baik dalam mereduksi harmonisa dan akan dilakukan pengujian filter dengan penambahan beban atau pengurangan beban.