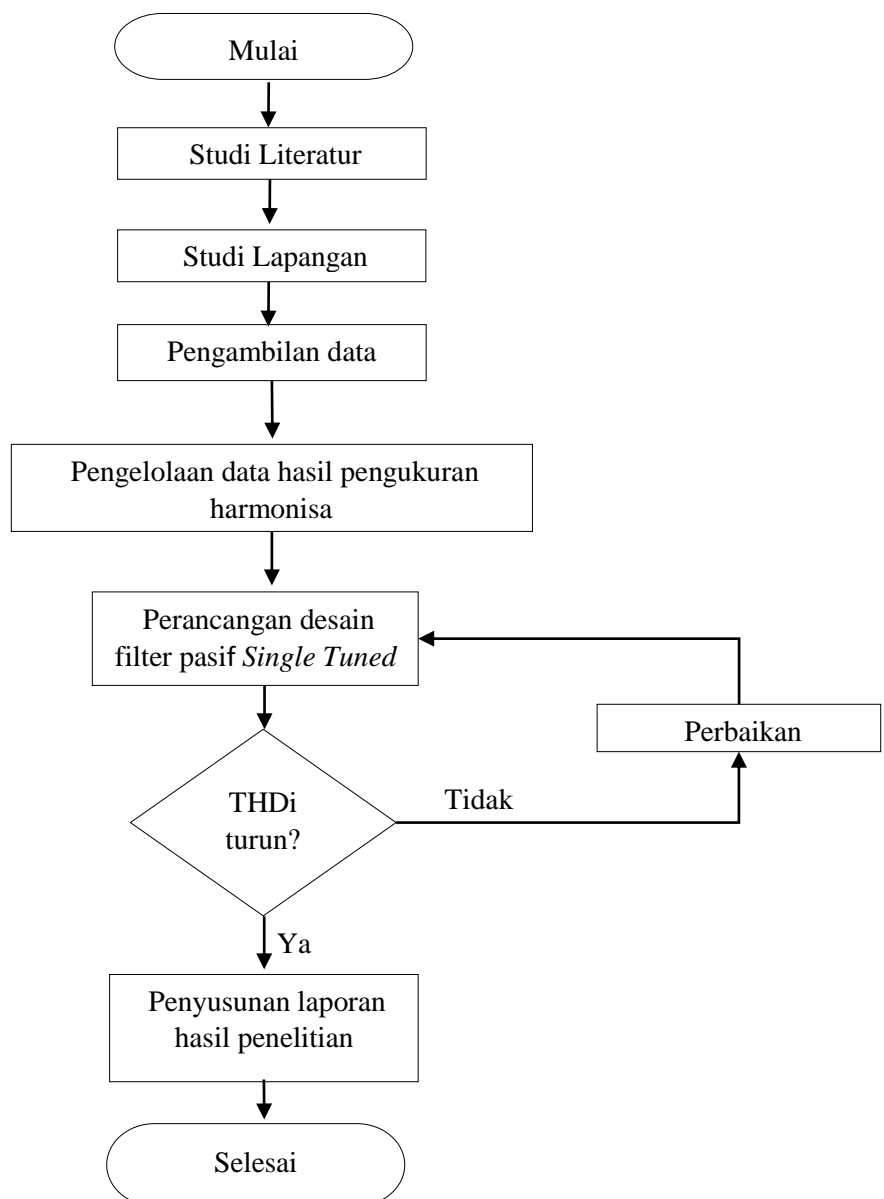


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

Prosedur dari penelitian harmonisa ini terdiri dari beberapa langkah-langkah yang harus dilakukan, untuk mempermudah pemahaman serta tujuan yang ingin dicapai dalam proses penelitian. Alur penelitian tersebut diperlihatkan pada gambar bagan alir penelitian dibawah ini



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Gema Ardhyana, 2019

ANALISIS HARMONISA ENERGI LISTRIK PADA GEDUNG FIP BARU UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Dari gambar 3.1 merupakan diagram alir dapat dijelaskan lebih jelas tahapan-tahapan penelitian, sebagai berikut:

1. Studi literatur dilakukan untuk mencari teori-teori yang sesuai dengan objek penelitian yang dilakukan dan digunakan sebagai acuan untuk merancang filter, literatur yang digunakan didapat dari berbagai jurnal internasional maupun nasional dan berbagai buku yang secara khusus membahas mengenai kualitas daya dan harmonisa.
2. Pengambilan data, pengambilan data yang dimaksud dalam penelitian ini adalah berupa pengukuran listrik seperti tegangan (V), arus (I), daya nyata (P), daya semu (S), daya reaktif (Q), faktor daya ($\cos\phi$) dan harmonisa baik harmonisa arus maupun harmonisa tegangan.
3. Pengolahan data, pengolahan data harmonisa terdiri dari langkah-langkah sebagai berikut, pertama melakukan analisis data hasil pengukuran yaitu harmonisa dibuat spektrum harmonisanya dan menganalisis dari segi rugi daya yang dihasilkan akibat harmonisa, setelah itu dilakukan perbandingan data standar yang digunakan, apakah nilai harmonisa pada sistem tersebut masih memenuhi standar atau tidak, jika tidak memenuhi standar maka harmonisa harus di reduksi yaitu dengan pemasangan filter pasif *single tuned*. Selanjutnya penentuan orde harmonisa yang akan direduksi, untuk perancangan filter perlu ditentukan orde harmonisa yang akan direduksi, orde harmonisa yang akan direduksi ini merupakan orde harmonisa yang memiliki nilai harmonisa paling besar diantara orde lainnya dan khusus pada filter jenis *single tuned* ini hanya mereduksi satu orde harmonisa saja.
4. Setelah ditentukan orde harmonisa yang perlu direduksi, selanjutnya dilakukan perancangan desain filter, perancangan desain filter ini bertujuan untuk menentukan nilai-nilai komponen yang digunakan untuk filter pasif. Komponen tersebut berupa kapasitor (C) dan induktor (L). Setelah didapat nilai komponen filter, selanjutnya dilakukan simulasi untuk melihat apakah filter dapat bekerja dengan baik sesuai dengan yang diharapkan. Kemudian dilihat perubahan nilai harmonisa pada sistem setelah pemasangan filter dan

sebelum pemasangan filter, setelah harmonisa sistem sudah turun penelitian telah selesai dan apabila harmonisa masih melewati standar maka akan dilakukan analisis apa yang menyebabkan hal ini terjadi untuk mendapatkan solusi konkret dari permasalahan tersebut.

3.2 Objek Penelitian

Pada skripsi ini dibahas mengenai masalah harmonisa pada sistem tenaga listrik gedung FIP baru.

3.3 Peralatan Pengukuran

Peralatan yang digunakan untuk pengukuran pada penelitian ini yaitu Clamp on Power Hitester HIOKI 3286 – 20 ini mampu untuk mengukur nilai harmonisa baik harmonisa tegangan ataupun arus sampai orde 20, alat ini mampu mengukur berbagai macam komponen listrik seperti tegangan (V), arus (I), frekuensi (F), daya nyata (P), daya semu (S), daya reaktif (Q) dan faktor daya (PF), alat pengukuran bisa dilihat pada gambar



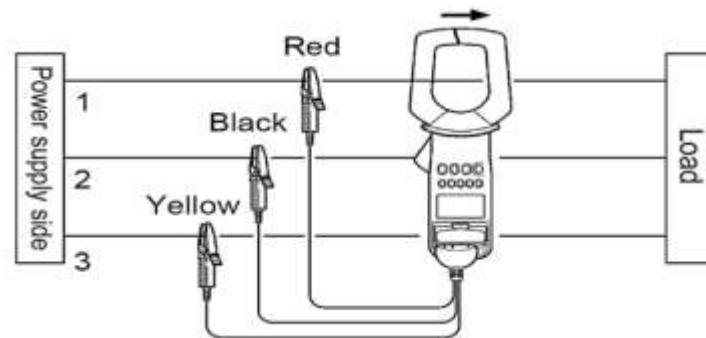
Gambar 3. 2 HIOKI 3286 – 20

Pada gambar 3.2 Merupakan alat yang digunakan untuk pengukuran SDP dan MDP pada Gedung FIP baru. Alat ini mempunyai tiga input terminal dapat mengukur sistem satu fasa dua kawat dan sistem tiga fasa tiga kawat, untuk mendapatkan karakteristik beban pada sistem tenaga listrik menggunakan HIOKI 3286 – 20 ini sama seperti menggunakan *voltmeter* dan *ampere meter*, untuk input tegangan dipasang paralel dengan beban dan untuk input arus menggunakan teknik *clamping*, sehingga pengukuran dilakukan secara seri tanpa melepas rangkaian.

HIOKI 3286 – 20 digunakan untuk mengukur karakteristik harmonisa pada MDP dan SDP Gedung FIP Baru.

3.4 Prosedur Pengukuran Harmonisa

Rangkaian pengujian harmonisa pada setiap lantai Gedung FIP Baru dapat dilihat pada gambar



Gambar 3. 3 Rangkaian Pengukuran Harmonisa



Gambar 3. 4 Proses Pengukuran Harmonisa pada SDP

Pada gambar 3.4 Pengukuran harmonisa pada SDP setiap lantai menggunakan *Clamp on Power Hitester* HIOKI 3286. Data yang diukur adalah tegangan (V), arus

(A), daya aktif (Watt), daya reaktif (VAR), daya semu (VA), faktor daya (PF), THDv tegangan (%), dan THDi arus (%).



Gambar 3. 5 Proses Pengukuran Harmonisa pada MDP

Pada gambar 3.5 merupakan pengukuran MDP menggunakan *Clamp on Power Hitester* HIOKI 3286 – 20. Data yang diukur adalah tegangan (V), arus (A), daya aktif (Watt), daya reaktif (VAR), daya semu (VA), faktor daya (PF), THDv tegangan (%), dan THDi arus (%). Semua data hasil pengukuran dicatat sesuai dengan tabel

Tabel 3. 1

Pengukuran Tegangan, Arus, Daya, dan Frekuensi

Pengukuran Tegangan, Arus, Daya, Faktor Daya, dan Frekuensi			
Hari/Tanggal			
Waktu Tes			
Besaran	R (Merah)	S (Kuning)	T (Hitam)
V_{LN} (V)			
I_{LN} (A)			

Gema Ardhyana, 2019

ANALISIS HARMONISA ENERGI LISTRIK PADA GEDUNG FIP BARU UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

S (kVA)			
P (kW)			
cos pi			
f (Hz)			

Tabel 3. 2

Pengukuran Harmonisa Arus

Orde	R		S		T	
	I	THDi%	I	THDi%	I	THDi%
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Tabel 3. 3

Pengukuran Harmonisa Tegangan

Orde	R		S		T	
	V	THD _v %	V	THD _v %	V	THD _v %
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

3.5 Perancangan Desain *Single Tuned Filter* Menggunakan ETAP Power Station 12.6

Proses perancangan desain filter dilakukan dengan menggunakan bantuan software ETAP Power Station 12.6 dengan menggunakan nilai pendekatan dari yang sebenarnya. Pada simulasi ini terdapat sedikit perbedaan dengan kondisi sistem yang sebenarnya.

Setelah menentukan orde harmonisa yang akan diperbaiki maka langkah selanjutnya adalah menentukan spesifikasi filter, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Gema Ardhyana, 2019

ANALISIS HARMONISA ENERGI LISTRIK PADA GEDUNG FIP BARU UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
 Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Filter Fasa R

$$\begin{aligned}
 Q_c &= 9090,7 (\tan (24,76)) - (\tan (11,47)) \\
 &= 9090,7 (0,46 - 0,20) \\
 &= 9090,7 (0,20) \\
 &= 2348,23 \text{ VAR}
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan didapat bahwa untuk memperbaiki faktor daya menjadi 0.9, dibutuhkan daya reaktif sebesar 2348,23 VAR, untuk filter *single tuned* yang akan dipasang yaitu filter harmonisa orde ke-3

Selanjutnya dapat dicari reaktansi kapasitor (X_C)

$$X_{C1} = \frac{V^2}{VAR} = \frac{226^2}{2348,23} = 20,61 \Omega \quad 2.10$$

Selanjutnya ketika mendapatkan hasil reaktansi kapasitor (X_C) dapat dicari kapasitansi dari kapasitor (C).

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} = \frac{1}{2(3,14)(50)(20,61)} = 0,00015F \quad 2.12$$

Setelah didapat kapasitansi dari kapasitor, selanjutnya dapat dicari reaktansi dari induktor (X_L), Reaktansi induktif yang dibutuhkan pada harmonisa h adalah, pada hal ini sebagai berikut:

$$X_{Lh} = X_{Ch}$$

$$X_{L3} = X_{C3}$$

$$X_{L1} = \left(\frac{1}{h}\right) X_{Lh} = \left(\frac{1}{h}\right) X_{L3} = \frac{6,87}{3} = 2,29 \Omega \quad 2.13$$

$$I_1 = \frac{(1,05)(V_{LN})}{(X_C - X_L)} = \frac{(1,05)(226)}{(20,61 - 2,29)} = 12,95 A \quad 2.19$$

$$I_3 = \frac{1}{h} \frac{KVA_{load}}{\sqrt{3} (13,8)} = \frac{1}{h} \left(\frac{10,012}{\sqrt{3} (13,8)} \right) = 0,139 A$$

$$X_{C3} = \left(\frac{1}{h}\right) X_{C1} = \frac{20,61}{3} = 6,87 \Omega \quad 2.11$$

Tegangan puncak (V_{peak}) dan tegangan rms (V_{rms}) pada kapasitor,

$$V_{c \text{ peak}} = \sqrt{2} (V_{C1} + V_{C3}) \quad 2.17$$

$$Vc_{peak} = \sqrt{2} (Xc1.I1 + Xc3.I3)$$

$$Vc_{peak} = \sqrt{2} ((20,61 \times 12,95) + (6,87 \times 0,139))$$

$$Vc_{peak} = \sqrt{2} (266,96 + 0,96) = 378,90 \text{ Volt}$$

$$Vc_{rms} = \sqrt{Vc1^2 + Vc3^2} = \sqrt{266,96^2 + 0,96^2} = 266,96 \text{ Volt} \quad 2.16$$

Jika 226V (tegangan fasa netral untuk 380 V pada sistem).

$$\frac{Vc_{rms}}{Vc_{peak \text{ rated}}} = \frac{266,96}{226} = 1,181 \text{ p.u}$$

(Batas dari IEEE-18 dibawah 1,1 p.u.)

$$\frac{Vc_{peak}}{Vc_{peak \text{ rated}}} = \frac{378,90}{\sqrt{2} (226)} = 1,185 \text{ p.u}$$

Pada perhitungan untuk harmonisa orde ke 3, masih belum sesuai dengan standar IEEE-18. Setelah reaktansi induktif diketahui, selanjutnya dapat dicari induktansi dari induktor (L)

$$L = \frac{XL}{2\pi f} = \frac{2,29}{2(3,14)(50)} = 0,0073 \text{ H} \quad 2.14$$

Diketuahuinya induktor, dan kapasitor, selanjutnya dapat dicari hambatan (R).

$$R = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{C}} = \frac{\sqrt{0,0073}}{\sqrt{0,00015}} = 0,0859 \Omega$$

Setelah diketahui nilai dari masing-masing komponen maka spesifikasi filter dapat dilihat pada tabel 4.38 Merupakan spesifikasi model *Single Tuned Filter* yang digunakan.

Tabel 3. 4

Spesifikasi Model Single Tuned Filter Hasil Perancangan

Fasa R			
Orde	3	5	7

Qc	2348,23	2348,23	2348,23
Xc1	20,61	20,61	20,61
Xc3	6,87	4,12	2,94
C	0,00015	0,00015	0,00015
XLh=Xch	XL3=Xc3	XL5=Xc5	XL7=Xc7
XL1	2,29	0,82	0,42
I1	12,95	11,99	11,75
I3	0,1396	0,0838	0,0598
Xc3	6,87	4,12	2,94
Vc1	266,96	247,19	242,24
Vc3	0,96	0,35	0,18
Vpeak	378,90	350,06	342,83
Vrms	266,96	247,19	242,24
p.u limit	1,181	1,094	1,072
p.u limit IEEE-18	1,185	1,095	1,073
L	0,0073	0,0026	0,0013
R	0,0859	0,0515	0,0368

Fasa S

Orde	3	5	7
Qc	1198,00	1198,00	1198,00
Xc1	40,40	40,40	40,40
Xc3	13,47	8,08	5,77
C	0,00008	0,00008	0,00008
XLh=Xch	XL3=Xc3	XL5=Xc5	XL7=Xc7
XL1	4,49	1,62	0,82
I1	6,70	6,20	6,08
I3	0,171	0,102	0,073
Xc3	13,47	8,08	5,77
Vc1	270,51	250,47	245,46
Vc3	2,30	0,83	0,42
Vpeak	385,80	355,39	347,73
Vrms	270,52	250,47	245,46
p.u limit	1,181	1,094	1,072
p.u limit IEEE-18	1,191	1,097	1,074
L	0,0143	0,0051	0,0026
R	0,1683	0,1010	0,0721

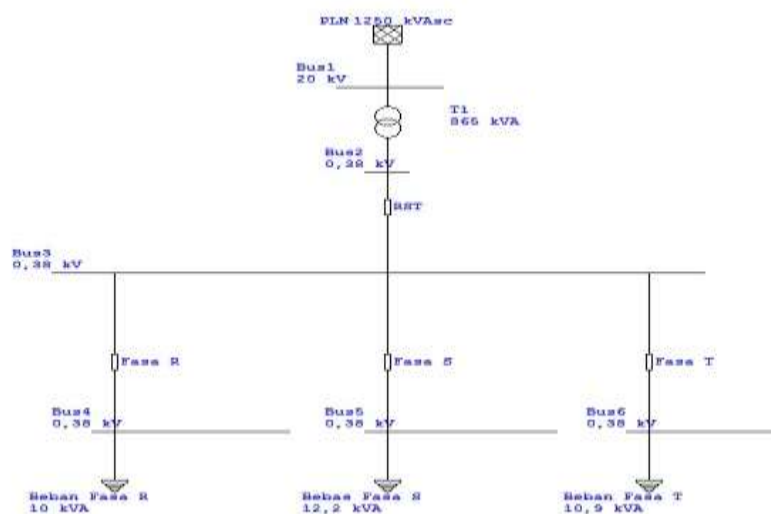
Fasa T

Orde	3	5	7
------	---	---	---

Qc	1541,19	1541,19	1541,19
Xc1	31,40	31,40	31,40
Xc3	10,47	6,28	4,49
C	0,00010	0,00010	0,00010
XLh=Xch	XL3=Xc3	XL5=Xc5	XL7=Xc7
XL1	3,49	1,26	0,64
I1	8,50	7,87	7,71
I3	0,153	0,084	0,060
Xc3	10,47	6,28	4,49
Vc1	266,96	247,19	242,24
Vc3	1,60	0,53	0,27
Vpeak	379,80	350,32	342,96
Vrms	266,97	247,19	242,24
p.u limit	1,181	1,094	1,072
p.u limit IEEE-18	1,188	1,096	1,073
L	0,0111	0,0040	0,0020
R	0,1309	0,0785	0,0561

Tabel 3.4 Merupakan hasil dari perhitungan untuk mencari spesifikasi filter pasif. Perhitungan orde 5 dan 7 sama dengan menghitung spesifikasi filter untuk orde 3.

Rangkaian pembebanan MDP gedung FIP Baru pada simulasi ETAP disusun dengan sederhana pada gambar 4.6 berikut.



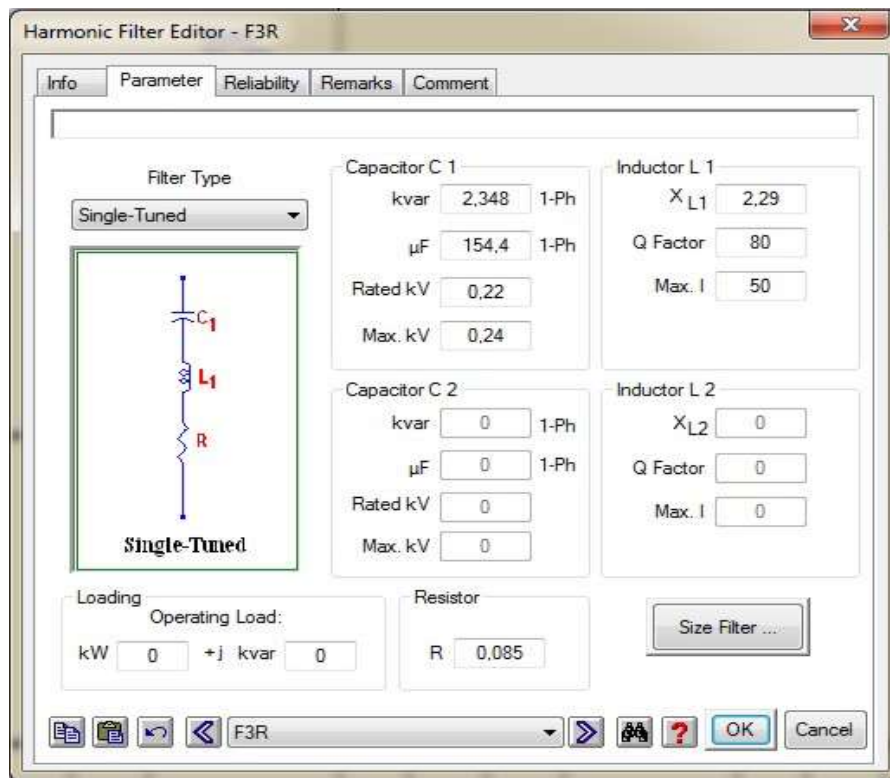
Gema Ardhyana, 2019

ANALISIS HARMONISA ENERGI LISTRIK PADA GEDUNG FIP BARU UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Gambar 3. 6 Rangkaian Pembebanan Gedung FIP Baru pada simulasi ETAP

Pada gambar 3.6 terlihat rangkaian simulasi dengan beberapa komponen yaitu power grid, bus, transformator, kabel dan beban. Untuk kabel digunakan kabel tembaga (Cu). Pada kasus ini perancangan filter untuk mereduksi harmonisa arus (THDi), karena pada pengukuran harmonisa tegangan masih dalam standar IEEE 519-2914.

Setelah diketahui nilai spesifikasi filter maka nilai spesifikasi akan digunakan sebagai parameter nilai dalam perancangan desain filter. Berikut ini gambar 4.7 parameter spesifikasi filter pada ETAP.



Gambar 3. 7 Parameter Spesifikasi Filter pada ETAP 12.6