

STUDI ANALISIS HARMONIK ARUS DAN TEGANGAN PADA GEDUNG ADMISI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

Nurohman Fadilah

Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Email: nurohmanfadilah4@gmail.com

Abstrak

Gedung Admisi merupakan gedung yang menerapkan prinsip Green Building. Banyak peralatan hemat energi yang digunakan digedung Admisi seperti lampu LED, Air Conditioner (AC) yang menggunakan teknologi VRF, serta komponen elektronika. Peralatan tersebut termasuk kedalam jenis beban non-linear yang bisa mengakibatkan harmonisa. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran harmonisa di main distribution panel gedung Admisi dan diketahui bahwa nilai Total Harmonic Distortion arus dan tegangan pada gedung admisi melebihi batas standar yang ditentukan oleh IEEE 519-1992 yaitu sebesar 5%. Efek dari harmonisa salah satunya bisa mengakibatkan Losses daya yang mengakibatkan adanya kerugian biaya dari losses daya. Setelah dilakukan analisis nilai THD yang melebihi standar mengakibatkan losses sebesar 438,0576 kWh pertahun atau secara biaya sebesar Rp. 547.394 per-tahun. berdasarkan hasil penelitian dan analisis data, untuk mereduksi harmonik dilakukan perencanaan pemasangan Filter pasif single tuned. Dalam perencanaannya dilakukan pengestimasi biaya dan studi kelayakan investasi. Estimasi biaya yang direncanakan untuk pemasangan filter pasif single tuned ini sebesar Rp. 30.313.400.

I. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Listrik merupakan salah satu energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia karena hampir semua peralatan menggunakan listrik sebagai energinya. Tingkat konsumsi listrik indonesia masih tergolong rendah jika dibandingkan dengan tingkat konsumsi listrik negara Malaysia. Ditengah peningkatan konsumsi listrik di indonesia, muncul permasalahan dalam proses penyediaan energi listrik karena semakin menipisnya persediaan minyak bumi. Dikarenakan hal tersebut munculah isue untuk melakukan penghematan penggunaan listrik, banyak sekali peralatan listrik yang menggunakan energi listrik dengan efisiensi yang tinggi, seperti lampu LED, pendingin ruangan dengan teknologi inverter, kulkas inverter dll. Peralatan ini merupakan salah satu jenis beban non-linear yang dapat menyebabkan timbulnya gangguan berupa

harmonik pada sistem kelistrikan yang menimbulkan kerugian.

Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta merupakan gedung baru yang menerapkan prinsip Green Building yang banyak menggunakan peralatan yang hemat energi seperti penggunaan lampu hemat energi, AC berteknologi Variable Refrigerant Flow kemudian banyak peralatan elektronika seperti komputer untuk keperluan kerja. Penelitian mengenai harmonisa di gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta perlu dilakukan karena hampir semua peralatan menggunakan efek dari harmonisa diantaranya bisa menyebabkan losses daya, pemanasan berlebih pada trafo, ketidak seimbangan pembebanan di trafo, *lifetime* alat yang berkurang.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

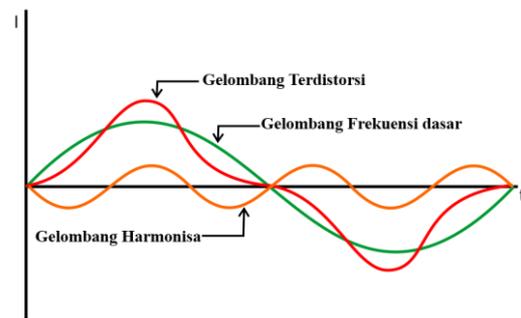
- Untuk mengetahui dan mengukur nilai harmonik yang terdapat pada sistem kelistrikan Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan dampak yang ditimbulkan di gedung tersebut.
- Untuk mengetahui apakah nilai harmonik pada Gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sesuai dengan batas standar IEEE 519-1992.
- Untuk Mengetahui nilai rugi-rugi daya yang diakibatkan oleh harmonik dan *Unbalance* pada sistem kelistrikan Gedung Admisi.
- Menentukan nilai dari resistor (R), kapasitor (C) dan Induktor (L) yang akan digunakan pada filter untuk bisa meredam harmonik pada sistem kelistrikan di Gedung Admisi.
- Mengetahui biaya investasi pemasangan filter pada sistem kelistrikan di Gedung Admisi.

2. Dasar Teori

2.1 Pengertian harmonisa

Harmonik merupakan gangguan yang terjadi dalam sistem distribusi tenaga listrik akibat adanya distorsi gelombang tegangan dan gelombang arus. Gelombang akan terdistorsi karena adanya proses superposisi antara gelombang frekuensi dengan frekuensi dasar. Sehingga gelombang sinus pada sistem distribusi tidak lagi murni atau mengalami cacat riak-riak gelombang. Distorsi gelombang arus dan tegangan ini akan membentuk gelombang-gelombang yang frekuensinya merupakan kelipatan bulat bilangan harmonik dengan frekuensi dasarnya (f , $2f$, $3f$, dst). Gelombang yang frekuensinya merupakan kelipatan bilangan bulat dengan frekuensi dasar merupakan orde ke- h harmonik. Di Indonesia frekuensi dasar pada sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka untuk nilai frekuensi pada harmonik kedua (orde ke-2) yaitu 100 Hz,

frekuensi harmonik ketiga (orde ke-3) 150 Hz dan seterusnya.



Gambar 1. Gelombang harmonik

Gambar 1 merupakan gambar gelombang harmonik yang mendistorsi gelombang sinus.

2.2 Penyebab harmonisa

Harmonisa disebabkan oleh peralatan non-linear dalam sistem tenaga listrik. peralatan non-linear adalah peralatan yang arusnya tidak sebanding dengan tegangan yang diberikan, contohnya seperti Motor induksi, komponen elektronik, lampu LED dll.

2.3 Batasan harmonisa

Total Harmonic Distortion merupakan sebuah rasio antara nilai RMS dari komponen harmonisa dan nilai RMS dari komponen fundamental. *Individual Harmonic Distortion* merupakan rasio antara nilai RMS dari komponen individual dengan nilai RMS dari fundamental. Untuk mengurangi harmonisa pada suatu sistem secara umum dengan mereduksi sebagian harmonisa sehingga diperoleh nilai dibawah standar yang diizinkan. Standar yang digunakan sebagai batasan harmonisa adalah yang dikeluarkan oleh IEEE 529-1992.

Tabel 1. Standar harmonisa tegangan

Nominal Voltage	IHD v	THD
$V \leq 69$ KV	3,0 %	5,0 %
69 KV $< V < 161$ KV	1,5 %	2,5 %
$V \geq 161$ KV	1,0 %	1,5 %

Tabel 2. Standar Harmonisa Arus

System voltage	I_{sc}/I_{Load}	THD _I (%)
$V_{rms} \leq 69 \text{ kV}$	< 20	5,0
	20-50	8,0
	50-100	12,0
	100-1000	15,0
	>1000	20,0
$69 \text{ kV} < V_{rms} \leq 161 \text{ kV}$	< 20	2,5
	20-50	4,0
	50-100	6,0
	100-1000	7,5
	>1000	10,0
$V_{rms} > 161 \text{ kV}$	< 50	2,5
	≥ 50	4,0

Untuk nilai THD arus didefinisikan sebagai berikut:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \times 100\%$$

Sedangkan untuk nilai THD tegangan sebagai berikut:

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \times 100\%$$

V_h, I_h : Komponen Harmonisa

V_1, I_1 : Komponen Fundamental

Dalam menentukan THD arus harus diketahui dahulu rasio arus terdistorsi ($\frac{I_{sc}}{I_L}$) dengan rumus berikut ini :

$$I_{sc} = \frac{S(kVA) \times 100}{\sqrt{3} \times kV \times \%z} ; I_L = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

I_{sc} : Arus Short Circuit

$\%z$: Impendansi Trafo

I_L : Arus beban

2.4 Menghitung Power losses akibat harmonik

Untuk menghitung power losses akibat harmonik pada penampang tiap fasa dan netral digunakan rumus berikut:

$$\Delta P_{ph} = \sum_{k=1}^n R_{ph} \times IK_{ph}^2$$

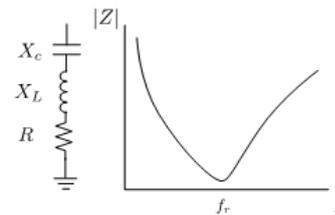
P_{ph} : Power Losses penghantar (watt)

R_{ph} : Hambatan kabel (ohm)

IK_{ph}^2 : Nilai Harmonik orde ke-n pada penghantar

2.5 Passive Filter Single Tuned

Filter passive merupakan salah satu cara yg digunakan untuk memperbaiki masalah harmonisa. Filter pasif didesain untuk memberikan bagian khusus untuk mengalihkan arus harmonisa yang tidak diinginkan dalam sistem tenaga. Salah satu filter pasif yang digunakan yaitu passive filter single tuned. Filter ini biasa digunakan pada tegangan rendah. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk mencari nilai filter passive single tuned.



Gambar 2. Filter passive single tuned

Untuk menghitung nilai resistor digunakan rumus berikut:

$$R = \frac{V}{I}$$

Untuk menghitung nilai rating daya resistor digunakan rumus berikut:

$$P = V \times I$$

Sedangkan untuk mencari nilai Q faktor digunakan rumus sebagai berikut:

$$X_n = X_L = X_C$$

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

$$X_n = Q \times R$$

Untuk mencari nilai Induktor digunakan rumus berikut:

$$X_L = \omega l$$

$$L = \frac{X_L}{\omega}$$

Untuk mencari nilai kapasitor adalah:

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$C = \frac{1}{\omega X_C}$$

2.5 Estimasi Biaya

Estimasi biaya merupakan perhitungan kebutuhan biaya yang akan dikeluarkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan atau pekerjaan sesuai dengan persyaratan atau kontrak. pada pengestimasian biaya suatu alat, sebelum

melakukan pengestimasiannya harus terlebih dahulu mengidentifikasi barang yang akan diestimasi.

2.7 Studi kelayakan Investasi

Untuk menentukan sebuah investasi yang akan dilakukan layak atau tidak, dilakukanlah studi mengenai kelayakan investasi, salah satu cara yang biasa digunakan yaitu dengan mencari nilai Net present Value, Internal Rate of Return dan Payback Period.

Net Present value merupakan sebuah perhitungan mencari laba atau manfaat dengan mempertimbangkan nilai uang atau bunga pada masa yang akan datang. Nilai dari NPV harus lebih besar dari 0, hal ini menunjukkan bahwa proyek bisa diterima dan jika $NPV < 0$ maka proyek investasi tidak bisa diterima atau ditolak. Untuk menghitung NPV bisa digunakan cara berikut:

$$NPV_t = \sum_t (Q_t - C_t) X (1 + i)^{-t}$$

Q_t = Penerimaan

C_t = Pengeluaran

i = *Discount rate* atau suku bunga pertahun

t = Waktu

Sedangkan Internal Rate of Return merupakan metode yang digunakan untuk menghitung nilai dari suku bunga maksimal yang dapat dibayar oleh investor atau pemodal dalam suatu proyek. Nilai IRR merupakan nilai saat $NPV=0$. Suatu proyek harus mempertimbangkan tingkat pengembalian dari IRR dan *discount rate* karena investor akan melaksanakan suatu proyek jika $IRR > discount rate$ dan tidak akan melakukan investasi jika nilai $IRR < discount rate$. Untuk menghitung IRR bisa digunakan rumus berikut:

$$IRR = i_1 + \left(\frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \right) (i_2 - i_1)$$

3. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara mengukur harmonisa di Main Distribution Panel gedung Admisi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dengan menggunakan alat ukur power quality and energy analyze merek Metrel MI 2892.



Gambar 3. Metrel MI 2892

Pengukuran ini dilakukan tujuh hari untuk mengetahui nilai harmonisa setiap hari kerja dan hari libur di gedung admisi.

4. Hasil Penelitian

4.1 Data Hasil Pengukuran

Dari hasil pengukuran didapat data harmonisa sebagai berikut ini :

Tabel 3. Nilai THD arus

Tanggal	Fasa			Rata-rata
	R (%)	S (%)	T (%)	
15/03/2019	34,32	45,20	42,57	40,69
16/03/2019	29,40	52,63	44,47	42,17
17/03/2019	35,44	48,95	44,11	43,83
18/03/2019	36,97	49,75	48,54	45,13
19/03/2019	35,13	47,80	45,01	42,68
20/03/2019	41,66	49,17	48,89	46,57
21/03/2019	37,52	47,24	48,86	44,54

Tabel 4. Nilai THD tegangan

Tanggal	Fasa			Rata-Rata
	R (%)	S (%)	T (%)	
15/03/2019	5,66	5,64	5,36	5,55
16/03/2019	5,57	5,46	5,45	5,49
17/03/2019	5,57	5,46	5,45	5,49
18/03/2019	5,41	5,49	5,26	5,39
19/03/2019	5,65	5,75	5,45	5,62

20/03/2019	5,48	5,67	5,34	5,50
21/03/2019	5,43	5,48	5,23	5,38

4.2 Analisis Data Hasil Pengukuran

Untuk menentukan nilai THD tegangan pada gedung Admisi masih dalam batas standar yang diizinkan atau tidak bisa dilihat pada tabel 2.1. untuk gedung Admisi suplai tegangan kurang dari 69 kV, sehingga batas THD tegangan sebesar 5%. Untuk menentukan THD arus digunakanlah rasio arus distorsi atau perbandingan antara *short circuit current* dengan arus beban ($\frac{I_{sc}}{I_L}$). Berdasarkan data dari name plate trafo, dapat dihitung nilai *short circuit current* seperti berikut:

$$I_{sc} = \frac{S(kVA) \times 100}{\sqrt{3} \times kV \times \%z} = \frac{1250 \times 100}{\sqrt{3} \times 0,4 \times 5,5} = 32808,4 \text{ A}$$

Selanjutnya untuk menghitung nilai dari arus beban dengan perhitungan sebagai berikut:

$$I_L = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = \frac{1250000}{\sqrt{3} \times 400} = 1804,21 \text{ A}$$

Maka rasio arus distorsi adalah:

$$\frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{32808,4}{1804,21} = 18,81$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa batas standar THD arus dan tegangan yaitu berdasarkan tabel 1 dan tabel 2 yaitu sebesar 5%. Dari data pengukuran THD arus dan tegangan pada gedung Admisi yang tertera pada tabel 3 dan tabel 4 dapat dianalisis bahwa nilai dari THD arus dan tegangan melebihi batas standar yang ditentukan.

4.3 Menghitung Power Losses Akibat Harmonik

Salah satu kerugian yang diakibatkan harmonik yaitu adanya power losses atau kerugian daya. Untuk menghitung kerugian daya akibat harmonik dilakukan pemilihan sampel pada hari libur yaitu data arus harmonik tanggal 16 maret 2019 dan hari kerja yaitu pada tanggal 20 maret 2019. perhitungan power

losses terbagi menjadi dua, hal ini dilakukan karena PLN menerapkan perhitungan tarif listrik bagi umy yang termasuk golongan S-3 dengan tarif per kWh nya terbagi menjadi waktu beban puncak dan luar waktu beban puncak. Tabel dibawah ini merupakan tabel arus harmonik pada tanggal 16 maret dan 20 maret 2019 tiap orde ganjil harmonisa.

Tabel 6. Arus harmonik WBP tanggal 16 maret 2019

Orde	WBP			
	R	S	T	N
1	13,16	9,12	11,59	1,16
3	1,07	2,35	0,78	0,98
5	1,04	1,78	2,16	0,10
7	2,30	2,32	2,11	0,09
9	1,22	1,11	0,51	0,57
11	0,87	0,74	1,00	0,14
13	0,62	0,40	0,44	0,09
15	0,44	0,29	0,18	0,20
17	0,82	0,61	0,28	0,16
19	0,29	0,33	0,22	0,06
21	0,29	0,24	0,14	0,11
23	0,23	0,24	0,18	0,08
25	0,19	0,20	0,14	0,05
27	0,13	0,11	0,08	0,03
29	0,16	0,11	0,11	0,03
31	0,13	0,11	0,09	0,03
33	0,12	0,08	0,06	0,02
35	0,12	0,08	0,10	0,02
37	0,09	0,09	0,08	0,02
39	0,09	0,07	0,05	0,03
41	0,08	0,06	0,07	0,02
43	0,07	0,08	0,08	0,01
45	0,05	0,06	0,05	0,02
47	0,08	0,08	0,07	0,01
49	0,07	0,07	0,07	0,01

Tabel 7. Arus harmonik LWBP tanggal 16 maret 2019

Orde	LWBP			
	R	S	T	N
1	12,97	10,23	10,27	1,09
3	1,23	2,48	1,14	0,91

5	1,87	2,57	2,78	0,13
7	2,26	2,53	2,29	0,12
9	1,06	0,99	0,43	0,56
11	1,01	0,79	0,97	0,17
13	0,57	0,51	0,43	0,12
15	0,67	0,39	0,21	0,14
17	1,11	0,54	0,41	0,14
19	0,29	0,51	0,32	0,06
21	0,44	0,31	0,14	0,11
23	0,37	0,25	0,20	0,07
25	0,20	0,22	0,15	0,04
27	0,21	0,14	0,09	0,05
29	0,17	0,12	0,11	0,03
31	0,12	0,13	0,10	0,03
33	0,13	0,11	0,07	0,03
35	0,14	0,12	0,10	0,02
37	0,09	0,09	0,09	0,02
39	0,09	0,08	0,07	0,02
41	0,11	0,09	0,08	0,02
43	0,08	0,07	0,08	0,02
45	0,05	0,07	0,06	0,02
47	0,09	0,09	0,07	0,02
49	0,07	0,07	0,08	0,02

Tabel 8. Arus Harmonik WBP tanggal 20 maret 2019

Orde	WBP			
	R	S	T	N
1	23,78	21,37	21,87	0,92
3	2,94	4,69	1,92	1,37
5	6,09	6,70	7,41	0,37
7	5,56	5,88	5,46	0,27
9	0,94	1,09	0,48	0,68
11	1,76	1,37	1,90	0,19
13	0,96	1,00	0,84	0,11
15	0,54	0,58	0,48	0,38
17	0,65	0,57	0,66	0,15
19	0,41	0,38	0,40	0,10
21	0,37	0,22	0,23	0,17
23	0,52	0,33	0,42	0,09
25	0,27	0,31	0,32	0,05
27	0,26	0,18	0,15	0,07
29	0,38	0,28	0,30	0,05
31	0,26	0,23	0,24	0,04

33	0,18	0,12	0,12	0,05
35	0,32	0,20	0,23	0,03
37	0,23	0,21	0,25	0,03
39	0,22	0,16	0,09	0,03
41	0,28	0,22	0,22	0,04
43	0,16	0,15	0,21	0,03
45	0,13	0,13	0,11	0,03
47	0,21	0,19	0,18	0,03
49	0,16	0,19	0,23	0,03

Tabel 9. Arus harmonik LWBP tanggal 20 maret 2019

Orde	LWBP			
	R	S	T	N
1	30,08	34,88	30,15	0,74
3	1,67	4,95	3,26	1,79
5	10,09	9,73	10,77	0,41
7	5,88	6,26	6,50	0,33
9	1,50	0,89	0,90	1,10
11	2,36	1,75	1,78	0,19
13	1,45	1,35	1,30	0,13
15	0,90	0,71	0,64	0,44
17	1,39	1,01	0,89	0,19
19	0,88	1,06	0,92	0,12
21	0,44	0,30	0,35	0,17
23	0,90	0,70	0,67	0,14
25	0,52	0,55	0,58	0,10
27	0,37	0,23	0,22	0,11
29	0,77	0,57	0,45	0,10
31	0,42	0,45	0,50	0,08
33	0,34	0,20	0,20	0,06
35	0,60	0,52	0,35	0,07
37	0,28	0,41	0,44	0,05
39	0,28	0,20	0,18	0,04
41	0,48	0,43	0,28	0,05
43	0,24	0,42	0,40	0,03
45	0,25	0,20	0,19	0,04
47	0,37	0,40	0,25	0,05
49	0,25	0,40	0,38	0,03

Berikut adalah perhitungan rugi-rugi dayapada tanggal 16 maret 2019 waktu beban puncak fasa R pada MDP gedung Admisi:

$$\Delta P_R = \sum_{k=1}^n Rph \times IK_R^2$$

$$\Delta P_R = (0,0193 \times 26,12^2) + (0,0193 \times 2,45^2) + (0,0193 \times 3,53^2) + (0,0193 \times 4,49^2) + (0,0193 \times 2,22^2) + (0,0193 \times 2,03^2) + (0,0193 \times 1,20^2) + (0,0193 \times 1,32^2) + (0,0193 \times 2,24^2) + (0,0193 \times 0,61^2) + (0,0193 \times 0,89^2) + (0,0193 \times 0,74^2) + (0,0193 \times 0,41^2) + (0,0193 \times 0,43^2) + (0,0193 \times 0,35^2) + (0,0193 \times 0,25^2) + (0,0193 \times 0,27^2) + (0,0193 \times 0,29^2) + (0,0193 \times 0,20^2) + (0,0193 \times 0,19^2) + (0,0193 \times 0,23^2) + (0,0193 \times 0,17^2) + (0,0193 \times 0,11^2) + (0,0193 \times 0,20^2) + (0,0193 \times 0,15^2)$$

$$\Delta P_R = 14,3001 \text{ Watt}$$

Dengan rumus yang sama didapat power losses sebagai berikut:

Tabel 10. Rugi daya tanggal 16 Maret 2019

Tanggal 16 maret 2019	Fasa				Jumlah
	R	S	T	N	
Rugi daya WBP	14,30	9,88	9,32	0,20	33,70
Rugi daya LWBP	3,59	2,51	2,40	0,05	8,55
Jumlah Total					42,25

Tabel 11. Rugi daya tanggal 20 maret 2019

Tanggal 20 maret 2019	Fasa				Jumlah
	R	S	T	N	
Rugi daya WBP	12,53	10,88	11,06	0,07	34,53
Rugi daya LWBP	20,47	26,75	21,00	0,11	68,33
Jumlah Total					102,87

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui bahwa rugi daya pada hari libur sebesar 42,25 watt dan rugi daya pada hari kerja sebesar 102,87 watt.

4.4 Menghitung Kerugian Biaya Akibat Harmonik

Dikarenakan UMY masih menggunakan sistem 6 hari kerja, maka perhitungan ini dikelompokkan menjadi dua yaitu hari kerja (6

hari) dan hari libur (1 hari). Selain itu juga perhitungan ini berdasarkan tarif biaya WBP dan LWBP yang ditetapkan oleh PLN. Dengan ketentuan:

- Biaya *losses* hari kerja perbulan = 24 hari, dengan pertimbangan satu bulan = 4 minggu (28 hari)
- Biaya *losses* hari libur perbulan = 4 hari, dengan pertimbangan satu bulan = 4 minggu (28 hari)
- Biaya *losses* pertahun = 12 bulan

UMY berlangganan listrik dengan golongan S-3 dengan tarif WBP sebesar Rp. 1337 dan LWBP sebesar Rp. 955. Berikut adalah perhitungannya:

Tabel 12. losses daya perhari

	Besar Power losses (kW)		Besar Power Losses per-hari (kWh)	
	WBP	LWBP	WBP x	LWBP x
			5 jam	19 Jam
Hari Kerja	0,0345	0,0683	0,1725	1,2977
Hari Libur	0,0337	0,0085	0,1685	0,1615

Dari tabel 12 diatas dapat diketahui bahwa rugi daya perhari pada gedung Admisi pada hari kerja sebesar 1,297 kWh dan pada hari libur sebesar 0,1615 kWh.

Tabel 13. Kerugian Biaya Perhari

	Biaya kerugian akibat Power Losses per- hari		
	WBP x Rp. 1337	LWBP x Rp. 955	Total
Hari Kerja	Rp 231	Rp 1.239	Rp 1.470
Hari Libur	Rp 225	Rp 154	Rp 379

Dari tabel 13 diatas dapat diketahui bahwa rugi biaya perhari pada hari kerja pada gedung Admisi sebesar Rp. 1.470 dan pada hari libur sebesar Rp. 379

Tabel 14. Kerugian Biaya Perbulan

	Biaya kerugian Akibat Power Losses per-Bulan (Rp)		
	WBP	LWBP	Total
Hari Kerja	Rp. 6.919	Rp. 37.179	Rp. 44.098
Hari Libur	Rp. 901	Rp. 617	Rp. 1.518
	Jumlah Total		Rp. 45.616

Dari tabel 14 diatas dapat diketahui bahwa kerugian biaya perbulan akibat harmonik di gedung Admisi yaitu sebesar Rp. 45.616

Tabel 15. Kerugian biaya pertahun

	Biaya Kerugian Akibat Power Losses per-tahun (Rp)		
	WBP	LWBP	Total
Hari Kerja	Rp. 83.028	Rp. 446.149	Rp. 529.177
Hari Libur	Rp. 10.814	Rp. 7.403	Rp. 18.217
	Jumlah Total :		Rp. 547.394

Dari tabel 15 Diatas dapat diketahui bahwa kerugian biaya akibat harmonik pada gedung admisi pertahun sebesar Rp. 547.394

4.5 Perbaikan harmonisa

Untuk mengurangi nilai distorsi harmonik yang terjadi di gedung Admisi bisa dilakukan dengan cara menggunakan filter. Salah satu filter yang bisa digunakan adalah filter pasif single tuned. Filter ini dapat digunakan untuk meredam arus harmonik pada satu orde saja, oleh karena itu harus dipilih orde yang mengalami distorsi paling besar. Pemilihan orde harmonik diambil dari THD arus paling besar, yaitu pada pengukuran tanggal 20 maret 2019.

Tabel 16. Nilai arus harmonik tiap orde

Fasa	Orde 3	Orde 5	Orde 7	Orde 9	Orde 11
R	8,47	30,28	21,36	6,55	9,05
S	24,40	31,30	25,20	7,29	7,57
T	12,62	37,40	26,87	3,97	8,99

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa harmonisa terbesar berada pada orde ke-5, jadi orde yang akan diperbaiki oleh filter adalah orde ke-5 dengan frekuensi orde sebesar 250 Hz. dan berikut adalah perhitungan nilai filter pasif single tuned yang akan digunakan untuk meredam harmonik:

Diketahui : Tegangan sistem = 380 volt

Arus maksimal orde 5 = 19,4 A

A. Untuk menghitung nilai resistor adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{V}{I} = \frac{380 V}{19,4 A} = 19,58 \Omega$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai resistor sebesar 19,58 Ω .

B. Untuk menghitung daya adalah sebagai berikut:

$$P = V \times I$$

$$P = 380 \times 19,4$$

$$P = 7372 \text{ Watt}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai rating daya dengan nilai 7,372 Watt.

C. Untuk mencari nilai dari Q faktor digunakan perhitungan berikut :

Diketahui bahwa nilai Q (faktor kualitas filter) yaitu 30 -100. Maka dipilih nilai 30.

$$X_L = X_C = X_n$$

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

$$X_n = Q \times R$$

$$X_n = 30 \times 19,58$$

$$X_n = 587,4 \Omega$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai X_n sebesar 587,4 Ω .

D. Untuk mencari nilai Induktor digunakan perhitungan berikut ini:

Diketahui frekuensi orde ke 5 sebesar 250 Hz. Frekuensi diturunkan menjadi 245 Hz untuk memaksimalkan kualitas filter.

$$X_L = \omega l$$

$$L = \frac{X_L}{\omega} = \frac{587,4 \Omega}{2 \times 3,14 \times 245} = 0,382 \text{ H}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai L sebesar 0,382 Henry

E. Untuk mencari nilai kapasitor digunakan perhitungan berikut:

Diketahui frekuensi orde ke 5 sebesar 250 Hz. Frekuensi diturunkan menjadi 245 Hz untuk memaksimalkan kualitas filter.

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{(2 \times 3,14 \times 245) 587,4}$$

$$C = 1,106 \times 10^{-6} \text{ F}$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai Kapasitas kapasitor (C) sebesar $1,106 \times 10^{-6} \text{ F}$

4.6 Estimasi Biaya Pemasangan Filter

Dalam sebuah perencanaan investasi, terlebih dahulu dilakukan Estimasi biaya. Estimasi biaya ini merupakan biaya yang akan dikeluarkan untuk melakukan sebuah investasi. Berikut adalah estimasi biaya pemasangan filter:

Tabel 16. Estimasi biaya Pemasangan Filter

Jenis Alat	Harga satuan	jumlah	Total harga
Ecosine Passive Harmonic Filter	Rp. 28.743.400	1 Unit	Rp. 28.743.400
Jenis Pekerjaan	Harga satuan	jumlah	Total Harga
Instalasi Filter	Rp. 1.570.000	1 Paket	Rp. 1.570.000
Jumlah Total			Rp. 30.313.400

Tabel 16 diatas diatas merupakan rincian biaya estimasi pemasangan filter dengan data harga yang berasal dari distributor peralatan

listrik luar negeri. Harga filter diatas merupakan harga konversi dari mata uang Dollar australia ke Rupiah dengan nilai tukar \$AU 1 sama dengan Rp. 9.800 per-tanggal 25 April 2019. biaya upah pemasangan diasumsikan sebesar upah minimum provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Dari rincian biaya diatas diperoleh total investasi sebesar Rp. 30.313.400. Nilai estimasi biaya ini tidak termasuk dari biaya operasional pemeliharaan setiap tahunnya, karena pemeliharaan gedung di UMY dilakukan oleh bagian maintenance Biro Sumber Daya dan Aset.

a. Cash Inflow

Penerimaan arus kas atau cash outflow pada perencanaan estimasi pemasangan filter gedung Admisi ini berasal dari seberapa besar alat mampu mengurangi *losses* pada sistem kelistrikan gedung Admisi sehingga dengan berkurangan *losses* mampu mengurangi rugi biaya yang diakibatkan oleh harmonik.

$$\text{Cash Inflow} = \text{Kerugian biaya pertahun} \times \text{Effisiensi filter}$$

$$= \text{Rp. } 547.394 \times 98,5 \%$$

$$= \text{Rp. } 539.183$$

b. Cash Outflow

Pengeluaran arus kas atau cash outflow pada perencanaan estimasi biaya pemasangan Filter pada gedung Admisi ini hanya biaya investasi awal pembelian alat dan jasa instalasi alat saja tanpa ada biaya operasional tahunannya, karena biaya operasional tahunan atau pemeliharaan dilakukan oleh bagian maintenance Biro Sumber Daya dan Aset UMY

$$\text{Cash Outflow} = \text{Harga Alat} + \text{Jasa}$$

$$= \text{Rp. } 28.743.400 + \text{Rp. } 1.750.000$$

$$= \text{Rp. } 30.313.400$$

4.7 Studi kelayakan Investasi

a. Payback Periode

Pada perhitungan kali ini Cash Inflow diasumsikan sebagai laba yang nilai setiap tahunnya tetap. Berikut adalah perhitungannya:

$$\begin{aligned} \text{PBP} &= \frac{\text{Jumlah Investasi}}{\text{Laba}} \\ &= \frac{\text{Rp.30.313.400}}{\text{Rp.539.183}} \\ &= 56,2 \text{ Tahun} = 56 \text{ tahun 3 bulan} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa Payback periode atau waktu yang diperlukan untuk modal kembali adalah 56 tahun 3 bulan.

b. Net Present Value

Perhitungan *Net Present Value* digunakan untuk mengetahui benefit yang didapat selama suatu proyek berlangsung dengan memperhatikan nilai waktu dari uang dan juga bunga. Pada investasi kali ini dilakukan selama 30 tahun dengan tingkat suku bunga sebesar 6% setiap tahun. suku bunga ini berasal dari suku bunga acuan yang dikeluarkan oleh Bank Indonesia pada bulan April 2019.

Tahun ke-	Penerimaan (Rp)	Pengeluaran (Rp)	DF (6%)	NPV
0	0	Rp 30.313.400	1	-30313400
1	539183	0	0,9434	508663
2	539183	0	0,8900	479871
3	539183	0	0,8396	452708
4	539183	0	0,7921	427083
5	539183	0	0,7473	402909
6	539183	0	0,7050	380103
7	539183	0	0,6651	358587
8	539183	0	0,6274	338290
9	539183	0	0,5919	319142
10	539183	0	0,5584	301077
11	539183	0	0,5268	284035
12	539183	0	0,4970	267957
13	539183	0	0,4688	252790
14	539183	0	0,4423	238481
15	539183	0	0,4173	224982
16	539183	0	0,3936	212247
17	539183	0	0,3714	200233

18	539183	0	0,3503	188899
19	539183	0	0,3305	178207
20	539183	0	0,3118	168120
21	539183	0	0,2942	158604
22	539183	0	0,2775	149626
23	539183	0	0,2618	141157
24	539183	0	0,2470	133167
25	539183	0	0,2330	125629
26	539183	0	0,2198	118518
27	539183	0	0,2074	111809
28	539183	0	0,1956	105480
29	539183	0	0,1846	99510
30	539183	0	0,1741	93877
			NPV	-22891637

Dari data perhitungan diatas dapat dilihat bahwa NPV bernilai Negatif atau NPV < 0. Salah satu syarat proyek atau investasi bisa diterima yaitu ketika NPV lebih dari nol (NPV > 0)

c. Internal Rate of Return

Nilai dari *Internal Rate of Return* tidak dapat dihitung karena tidak adanya nilai *discount rate* dari NPV ketika kondisi nol. NPV tidak bisa mencapai minimal nilai nol pada investasi ini. Investasi ini bisa dilaksanakan jika nilai NPV mencapai nilai positif, berdasarkan tabel 4.183 diatas nilai NPV minus sehingga investasi ditolak atau tidak dapat diterima, hal tersebut karena biaya filter terlampau mahal dibandingkan dengan biaya *losses* gedung Admisi yang masih relatif kecil sehingga menyebabkan NPV negatif.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dan dilakukan analisis serta perhitungan, maka didapat kesimpulan berikut ini:

- Nilai *Total Harmonic Distortion* arus minimum pada gedung Admisi setiap harinya tidak memenuhi batas standar minimal IEEE 519-1992 sebesar 5%.
- Nilai *Total Harmonic Distortion* tegangan minimum pada gedung Admisi setiap

harinya masih berada pada batas standar IEEE 519-1992 sebesar 5%, tetapi untuk nilai THD tegangan dengan nilai maksimal dan rata-ratanya melebihi batas standar IEEE 519-1992 sebesar 5%.

- c. Berdasarkan perhitungan didapatkan hasil bahwa *losses* yang terjadi digedung Admisi selama satu bulan sebesar 36,5048 kWh, dan jika dalam setahun sebesar 438,0576 kWh.
- d. Berdasarkan hasil perhitungan diketahui rugi biaya akibat *losses* di gedung Admisi sebesar Rp. 547.394 per-tahun.
- e. Berdasarkan perhitungan didapatkan nilai untuk spesifikasi filter sebagai berikut:
 1. Nilai R sebesar : 19,58 Ω
 2. Nilai L sebesar : 0,382 H
 3. Nilai C sebesar : $1,106 \times 10^{-6}$ F
 4. Nilai $X_C = X_L = X_n$: 587,4 Ω
 5. Nilai Arus : 19,4 A
 6. Nilai rating daya (P) : 7372 Watt
- f. Berdasarkan perhitungan estimasi biaya yang harus dikeluarkan untuk pemasangan filter digedung Admisi sebesar Rp. 30.313.400.
- g. Berdasarkan perhitungan kelayakan investasi pemasangan filter didapat hasil:
 1. Waktu balik modal atau *Payback periode* berdasarkan hasil perhitungan yaitu selama 56 tahun 3 bulan.
 2. Nilai *Net Present Value* kurang dari 0 ($NPV < 0$) yang berarti bahwa investasi ditolak.
 3. Nilai Internal Rate of Return atau bunga terbesar yang bisa dibayar tidak bisa dihitung karena tidak adanya nilai discount rate yang disebabkan selama periode investasi berlangsung nilai NPV tidak mencapai positif

Daftar Pustaka

- [1] Agustinus, Andrias Ade. 2011. *Penggunaan Filter Pasif Untuk Mereduksi Harmonisa Akibat Pemakaian Beban Non Linear*. Tugas Akhir PENS : Surabaya.
- [2] Dugan, Roger C. 2004. *Electrical Power Systems Quality*. New York: McGraw-Hill
- [3] Fauzia, Mutia. 2018. *Konsumsi Listrik Per Kapita Indonesia Masih Lebih Rendah dari Malaysia*. 25 Mei. Diakses November 14, 2018. <https://ekonomi.kompas.com/read/2018/05/22/170000126/konsumsi-listrik-per-kapita-indonesia-masih-lebih-rendah-dari-malaysia>.
- [4] Fuchs, F Ewald, dan A.S Mohammad Massoum. 2008. *Power Quality in Power Systems and Electrical Machines*. USA: Academic Press.
- [5] IEA. 2018. *Energy Efficiency 2017*. Paris: International Energy Agency
- [6] Lundquist, Johan. 2001. *On Harmonic Distortion in Power System*. Thesis Chalmers University of Technology: Sweden.
- [7] Ngakil, Ibnu. 2010. *Audit Kualitas Daya Listrik Khususnya Harmonisa Pada Industri Paper*. Skripsi Universitas Indonesia: Depok.
- [8] PLN. 2012. *Power Quality (Regulasi Harmonisa, Flicker dan Ketidakseimbangan Tegangan)*. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- [9] Rinas, I Wayan. 2011. "Analisis Perbandingan Penggunaan Filter Pasif dan Filter Aktif untuk Menanggulangi THD Pada Sistem kelistrikan di Ruang Puskom Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana." *Teknologi Elektro* 20-26.
- [10] Sugiarto, Hadi. 2012. "Kajian Harmonisa Arus dan Tegangan Listrik di Gedung Administrasi Politeknik Negeri Pontianak." *Vokasi* 80-89.
- [11] Yudha, Hendra Martha. 2017. "Kualitas Daya Listrik Pengaruh dan Penanganannya." *Jurnal Desiminasi Teknologi, Vol 5 Nomor 1* 17-26