

## ANALISIS HARMONISA TEGANGAN DAN ARUS LISTRIK DI GEDUNG TEKNIK PENERBANGAN POLITEKNIK PENERBANGAN INDONESIA CURUG

**Putri Anggraeni M.<sup>(1)</sup>, IGK. Rai Darmaja<sup>(2)</sup>, Suse Lamtiar<sup>(3)</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

e-mail : <sup>1</sup>putrianggraini691@gmail.com, <sup>2</sup>rdarmaja@gmail.com,

<sup>3</sup>suse.lamtiar@ppicurug.ac.id

**Abstrak:** Peralatan listrik dapat mempengaruhi kualitas daya. Terutama beban non linear seperti (komputer, peralatan elektronik, lampu hemat energi dll). Perlu dilakukan pengukuran untuk mengetahui kualitas daya (harmonisa) di gedung Teknik Penerbangan PPIC. Pengukuran dilakukan pada hari senin 3 Agustus 2020 – Rabu 5 Agustus 2020. Data pengukuran harmonisa tertinggi yaitu pada hari Senin, 3 Agustus 2020 dengan nilai THD arus fasa R sebesar 67,98 %, S sebesar 29,73%, dan T sebesar 87,13 %. Nilai harmonisa hasil pengukuran melebihi standart yang ditentukan IEEE 519-1992. Dari hasil simulasi pemasangan filter pasif Tuned menggunakan ETAP 12.6.0 nilai harmonisa dapat direduksi. Sebelum dipasang filter Passive Single Tuned nilai harmonisa pada bus 5 sebesar 58,11 %. Setelah dipasang Filter nilai harmonic pada bus 5 dapat direduksi menjadi 12,58%.

**Kata Kunci:** ETAP 12.6.0, Filter Pasif, Harmonisa, IEEE 519 – 1992.

**Abstract:** *Electrical equipment can affect power quality. Especially non-linear loads such as (computers, electronic equipment, energy saving lamps, etc.). Measurements are needed to determine the power quality (harmonics) in the PPIC Aviation Engineering building. Measurements were made on Monday 3 August 2020 - Wednesday 5 August 2020. The highest harmonic measurement data was on Monday, 3 August 2020 with the THD value of the R phase current of 67.98%, S of 29.73%, and T of 87. 13%. The harmonic value of the measurement results exceeds the standard set by IEEE 519-1992. From the simulation results of tuned passive filter installation using ETAP 12.6.0 the harmonic value can be reduced. Before installing the Passive Single Tuned filter, the harmonic value on bus 5 was 58.11%. After installing the filter the harmonic value on bus 5 can be reduced to 12.58%.*

**Keyword:** ETAP 12.6.0, Passive Filters, Harmonics, IEEE 519-1992

## **Pendahuluan**

Kualitas daya pada suatu industri maupun instansi adalah suatu permasalahan yang rumit. Dengan besarnya permintaan daya listrik untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari yang melibatkan berbagai peralatan listrik yang canggih dan modern. Peralatan listrik tersebut dapat mempengaruhi kualitas daya. Terutama beban-beban non linear seperti (komputer, peralatan elektronik, lampu hemat energi dan peralatan-peralatan yang memiliki frekuensi tinggi), beban non linier sangat mempengaruhi baik atau buruknya kualitas daya. Gedung Teknik Penerbangan merupakan salah satu gedung yang ada di Politeknik Penerbangan Indonesia (PPI) Curug. Yang didalamnya terdapat banyak peralatan-peralatan modern dan canggih untuk digunakan sebagai kebutuhan sehari-hari. Akan tetapi efek dari peralatan tersebut dapat menimbulkan gelombang harmonisa yang dapat merusak kualitas daya.

Beban-beban non-linier juga menjadi salah satu faktor penting yang mempengaruhi kualitas daya listrik. Sedangkan peralatan - peralatan tersebut merupakan peralatan operasional di gedung Teknik Penerbangan PPI Curug yang sangat dibutuhkan oleh taruna dan juga pendidik. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui harmonisa di gedung Teknik Penerbangan PPI Curug. Dengan adanya penelitian harmonisa di gedung Teknik Penerbangan PPI Curug diharapkan dapat memberikan informasi mengenai harmonisa di gedung Teknik Penerbangan PPI Curug

## **Metode Penelitian**

### **A. Desain Penelitian**

- a. Studi Literatur
- b. Observasi

### c. Wawancara

### **B. Lokasi Dan waktu Pengukuran**

Waktu pengukuran dilakukan pada saat hari aktif perkuliahan taruna - taruni yaitu hari Senin, 3 Agustus 2020 – Rabu, Agustus 2020 dengan durasi pengukuran dari pukul 09.00 sampai 18.00. Lokasi pengukuran dilakukan pada Low Voltage Main Distribution Board (LVMDB) Lantai 1 gedung Teknik Penerbangan Politeknik Penerbangan Indonesia yang beralamat di Jl. Raya PLP Curug, Serdang Wetan, Kec. Legok, Kab. Tangerang, Prov. Banten. Pemilihan lokasi ini bertujuan untuk mengetahui pola konsumsi daya keseluruhan pada gedung selama waktu perkuliahan berlangsung.

### **C. Teknik Pengumpulan Data**

Metode pengukuran yang digunakan yaitu metode pengukuran real time. Dengan melakukan pengukuran langsung pada panel pusat di gedung Teknik Penerbangan saat gedung sedang beroperasi. Dalam penelitian ini penulis melakukan pengukuran pada Low Voltage Main Distribution Board (LVMDB) di gedung Teknik Penerbangan PPI Curug. Dalam pengukuran ini digunakan alat ukur Power Quality Analyzer (PQA) 434. Dalam pengukuran ini dibutuhkan data pengukuran sebagai berikut:

1. THD Arus.
2. THD Tegangan.
3. Daya Aktif, Daya Semu Dan Daya Reaktif.
4. Power Faktor.
5. Arus dan Tegangan antar fasa maupun fasa-netral.

### **D. Teknik Analisis Data**

Setelah data hasil pengukuran terkumpul maka akan dilakukan pengolahan data. Dilakukan pengolahan data hasil pengukuran dibuatkan tabel untuk nilai

maksimal THD arus dan THD tegangan.

Setelah itu THD arus dan THD tegangan hasil pengukuran selama tiga hari dicari nilai tertinggi maksimalnya. Untuk THD arus setelah ditemukan nilai tertinggi maksimalnya dilakukan penghitungan  $i_{sc}/I_1$  untuk mengetahui standar THD arus dan IHD arusnya setelah itu lihat IEEE 519-1992 Batas Harmonisa arus. Untuk THD tegangan setelah dinilai maksimal ditabelkan bisa langsung meninjau nilai standar yang ada ditabel IEEE 519-1992 Batas Harmonisa Tegangan.

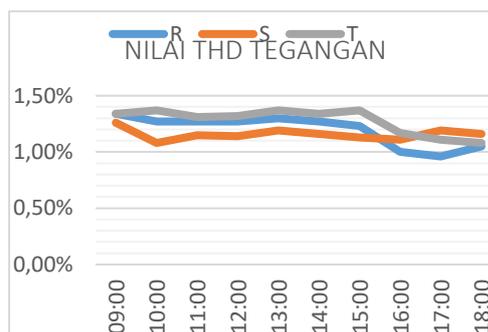
## Metode Pengumpulan Data

### A. Pengumpulan Data

Pengukuran dilakukan selama sepuluh jam pada waktu perkuliahan berlangsung yaitu dari pukul 09:00 WIB - 18:00 WIB pada hari Senin, 3 Agustus - hari Rabu, 5 Agustus 2020.

**Tabel 1** THD Tegangan Maksimum Senin, 3 Agustus 2020

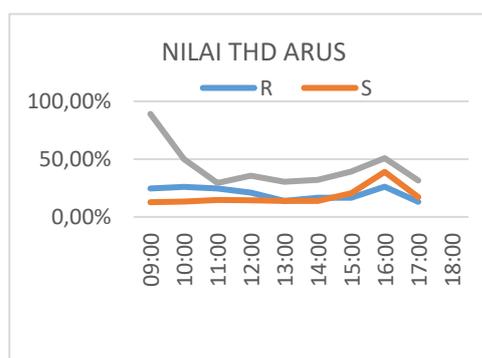
Jam	Parameter	R	S	T
09:00	THD V	1,34%	1,26%	1,34%
10:00	THD V	1,27%	1,08%	1,37%
11:00	THD V	1,27%	1,15%	1,31%
12:00	THD V	1,27%	1,14%	1,32%
13:00	THD V	1,3%	1,19%	1,37%
14:00	THD V	1,27%	1,16%	1,34%
15:00	THD V	1,23%	1,13%	1,37%
16:00	THD V	1%	1,11%	1,17%
17:00	THD V	0,96%	1,19%	1,11%
18:00	THD V	1,05%	1,16%	1,08%



**Gambar 1** Grafik Nilai THD Tegangan Senin, 3 Agustus 2020

**Tabel 2** THD Arus Maksimum Senin, 3 Agustus 2020

Jam	Parameter	R	S	T
09:00	THD I	67,98%	29,7%	87,1%
10:00	THD I	24,54%	12,7%	89,1%
11:00	THD I	25,96%	13,2%	49,9%
12:00	THD I	24,65%	14,6%	29,3%
13:00	THD I	20,99%	14,2%	35,7%
14:00	TDH I	13,9%	13,9%	30,2%
15:00	TDH I	16,72%	13,8%	31,9%
16:00	THD I	16,72%	20,4%	39,3%
17:00	TDH I	26,17%	38,9%	50,8%
18:00	TDH I	13,08%	17,2%	31,5%



**Gambar 2** Grafik Nilai THD Arus Senin, 3 Agustus 2020

### B. Pengolahan Data

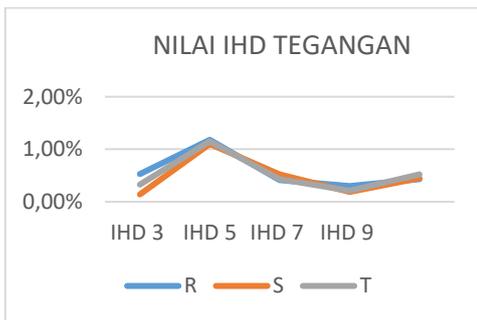
Berdasarkan data hasil pengukuran THD tegangan maksimum pada table 1 terlihat bahwa nilai fasa tertinggi THD tegangan pada pukul

Analisis Harmonisa Tegangan dan Arus Listrik di Gedung Teknik Penerbangan Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

09:00 WIB, dengan nilai fasanya R sebesar 1,34 %, S sebesar 1,26 %, dan T sebesar 1,34 %. Untuk mengetahui persentase IHD tegangan masing – masing orde perlu meninjau IHD tegangan pada waktu maksimumnya. Berikut adalah penyumbang harmonisa THD tegangan fasa R, S, dan T pada jam 09:00 WIB :

**Tabel 3** IHD Tegangan Maksimum Senin, 3 Agustus 2020 Pukul 09:00

Jam	Orde	R	S	T
09:00	IHD 3	0,53%	0,14%	0,33%
	IHD 5	1,18 %	1,1%	1,15%
	IHD 7	0,41%	0,52%	0,43%
	IHD 9	0,3 %	0,19%	0,21%
	IHD 11	0,43%	0,45%	0,52%

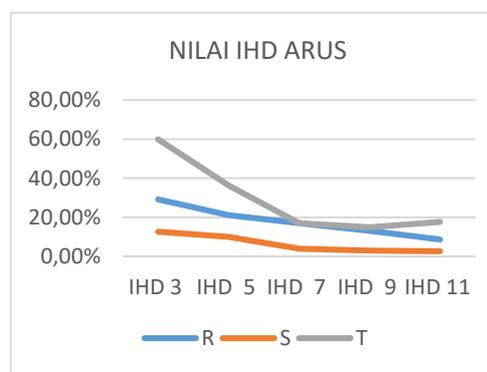


**Gambar 3** IHD Tegangan maksimum Senin, 3 Agustus Pukul 09:00

Berdasarkan data hasil pengukuran THD arus maksimum pada tabel 1 terlihat bahwa nilai fasa tertinggi THD arus pada pukul 09:00 WIB, dengan nilai R sebesar 67,98 %, S sebesar 29,73%, dan T sebesar 87,13 %. Untuk mengetahui persentase IHD arus masing – masing orde perlu meninjau IHD arus pada waktu maksimumnya. Berikut adalah penyumbang harmonisa THD arus fasa R, S, dan T pada jam 09:00 WIB :

**Tabel 4** IHD Arus Maksimum Senin, 3 Agustus 2020 Pukul 09:00

Jam	Orde	R	S	T
09:00	IHD 3	29,17%	12,63%	59,87%
	IHD 5	21,05%	10,01%	36,24%
	IHD 7	17,05%	3,93 %	16,92%
	IHD 9	13,02%	2,99 %	14,89%
	IHD 11	8,64 %	2,62 %	17,57%



**Gambar 4** Grafik Nilai IHD Arus Senin, 3 Agustus 2020

Untuk mengetahui nilai standar dari THD I maka dilakukan penghitungan sebagai berikut :

Diketahui :  $I = 400 \text{ A}$

Nilai S didapat dari :

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times 400}$$

$$S = I \times \sqrt{3} \times 400$$

$$= 400 \times 1,73 \times 400$$

$$= 276.800 \text{ VA}$$

Dengan data tersebut maka kita dapat menghitung berapa besar Isc menggunakan persamaan :

$$I_{sc} = \frac{1000 \times 0,2768 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 0,4 \text{ kV}}$$

$$= 401,15 \text{ A}$$

Dengan perhitungan di atas maka  $I_{sc}$  ditemukan sebesar 401,15 A selanjutnya kita cari nilai  $I_L$  dengan menggunakan persamaan :

$$I_L = \frac{13,12 \text{ kW}}{0,82 \times \sqrt{3} \times 0,4 \text{ kW}}$$

$$= \frac{13,12}{0,82 \times 1,73 \times 0,4}$$

$$= 22,62 \text{ A}$$

Dengan perhitungan di atas maka ditemukan nilai  $I_L$  sebesar 22,62 A Untuk menentukan nilai harmonisa arus sudah sesuai standart atau diatas normal maka dapat menggunakan persamaan :

$$\frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{401,15 \text{ A}}{22,62 \text{ A}} = 17,73$$

### C. Analisis Data

Pada tabel 1 terlihat bahwa nilai fasa tertinggi THD tegangan pada pukul 09:00 WIB, dengan nilai fasanya R sebesar 1,34 %, S sebesar 1,26 %, dan T sebesar 1,34 %. Pada tabel 3 terlihat nilai tertinggi harmonisa pada orde ke-lima dengan nilai IHD tegangan fasa R sebesar 1,18 %, S sebesar 1,1 % dan T sebesar 1,34 %. Mengacu pada standar ditorsi harmonisa pada IEEE 519.1992 standar THD tegangan dan IHD tegangan yang diperbolehkan adalah

5% dan 3% karena nominal tegangan sistem kurang dari 69 kV.

Pada tabel 2 nilai fasa tertinggi THD arus pada pukul 09:00 WIB, dengan nilai R sebesar 67,98 %, S sebesar 29,73%, dan T sebesar 87,13 %. Nilai arus harmonisa terjadi cukup tinggi pada masing – masing fasanya. Tingginya harmonisa arus disebabkan oleh, pada waktu tersebut merupakan waktu dimana beban – beban seperti lampu, komputer, dan AC (*air conditioner*)mulai dinyalakan.

Dengan ditemukan nilai  $\frac{I_{sc}}{I_L}$  kita dapat mengetahui nilai standar harmonisa arus. Hasil perhitungan  $\frac{I_{sc}}{I_L}$  pada data hari Senin, 3 Agustus 2020 yaitu 17,73 maka kita dapat melihat pada tabel 2.2 Standar IEEE 519-1992 Batas Harmonisa Arus untuk range <20 \* dengan TDD 5% maka nilai harmonisa arus pada orde <11 harus di bawah 4 %. Sedangkan nilai THD I pukul 09:00 pada tabel 4.7 menunjukkan nilai diatas normal, yaitu THD I pada fasa R sebesar 67,98 %, fasa S sebesar 29,73%, dan fasa T sebesar 87,13 %.

### D. Perhitungan Filter Pasif

Langkah-langkah untuk merancang filter passive single tuned adalah :

**Tabel 5** Perbandingan Orde Harmonisa Tegangan Terhadap Standar Pada Senin, 3 Agustus 2020

Waktu Terjadi Maksimum	IHD V %			Orde	Standar %	Keterangan
	R	S	T			
09:00	0,53	0,14	0,33	3	3	sesuai
	1,18	1,1	1,15	5	3	sesuai
	0,41	0,52	0,43	7	3	sesuai
	0,3	0,19	0,21	9	3	sesuai
	0,43	0,45	0,52	11	3	sesuai

- Menentukan ukuran Kapasitor  $Q_c$  berdasarkan kebutuhan daya Reaktif untuk perbaikan faktor daya.
- Tentukan Reaktansi Kapasitor ( $X_c$ )
- Tentukan Kapasitansi dari Kapasitor (C)
- Tentukan Reaktansi Induktif dari Induktor (XL)
- Tentukan Induktansi dari Induktor (L)

$$Q_2 = 1,43 \text{ kVAR}$$

Dengan perhitungan untuk menentukan nilai kapasitif dapat menggunakan persamaan :

$$Q_{VAR} = \sqrt{\frac{(13,12)^2}{0,81} - 13,12^2} - \sqrt{\frac{(13,12)^2}{0,99} - 13,12^2}$$

$$= 9,62 - 1,87$$

$$Q_{VAR} = 7,75 \text{ kVAR}$$

**Tabel 6** Perbandingan Orde Harmonisa Arus Terhadap Standar Pada Senin, 3 Agustus 2020

Waktu Terjadi Maksimum	IHD I %			Orde	Standar %	Keterangan
	R	S	T			
09:00	21,05	10,01	36,24	3	4	Merah : Nilai lebih besar dari standar Hitam : Nilai sama dengan Standar atau lebih kecil
	21,05	10,01	36,24	5	4	
	17,05	3,93	16,92	7	4	
	13,02	2,99	14,89	9	4	
	8,64	2,62	17,57	11	4	

### E. Perhitungan Kapasitor

Dengan diketahui data sebagai berikut :

$$P_1 = 13,12 \text{ kW}$$

$$Q_1 = -1,52 \text{ kVAR}$$

$$S_1 = 16,06 \text{ kVA}$$

Dengan data-data di atas maka didapatkan nilai cos phi sebesar :

$$\text{Cos Phi} = \frac{13,12 \text{ kW}}{16,06 \text{ kVA}} = 0,81$$

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

$$S_2 = \frac{13,12}{0,99} = 13,25 \text{ kVA}$$

$$Q_2 = \sqrt{(13,25)^2 - (13,12)^2}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka kita dapat menentukan reaktansi filter. Pada tegangan nominal 0,4 kV dengan persamaan.

$$X_c = \frac{(0,4)^2 \times 1000}{7,75}$$

$$= 20,6 \Omega$$

Dengan tegangan nominal sebesar 0,4 kV. Dan rating capasitor sebesar 7,75 kVAR. Maka didapatkan nilai reaktansi kapasitif sebesar 20,6  $\Omega$ . Dengan demikian nilai kapasitor dapat dihitung dengan persamaan :

$$C = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 50 \times 20,6}$$

$$C = 154,59 \mu\text{F}$$

Dengan perhitungan diatas maka didapatkan nilai kapasitansi kapasitor sebesar 154,59  $\mu\text{F}$ .

#### F. Perhitungan Induktor (Reaktor)

Untuk menentukan nilai impedansi reaktor filter dapat menggunakan persamaan :

$$X_L = \frac{X_c}{n^2}$$

Dengan :

$X_c$  = Reaktansi kapasitif

$N^2$  = Orde Harmonic yang ditekan/difilter

Dari hasil pengukuran nilai harmonisa terbesar jatuh pada  $H_3$ . Akan tetapi menurut teori  $H_3$  tidak bisa dihilangkan karena  $H_3$  merupakan fenomena Triplen Harmonic atau harmonisa urutan nol. Sehingga dari hasil pengukuran  $H_5$  dan  $H_7$  harus dituning. Untuk menghindari arus resonansi maka nilai orde harus di set lebih rendah dari yang akan dituning. Maka nilai yang akan di tuning 4,6 pada orde 5 dan 6,6 pada orde 7. Dari nilai tersebut akan digunakan sebagai nilai pada komponen filter. Untuk menentukan nilai impedansi reaktor dapat menggunakan persamaan :

a. Perhitungan impedansi orde 5

$$X_{L1} = \frac{20,6}{4,6^2} = 0,973 \Omega$$

b. Perhitungan Impedansi orde 7

$$X_{L2} = \frac{20,6}{6,6^2} = 0,472 \Omega$$

Dari hasil perhitungan diatas maka nilai impedansi reaktansi filter sebesar 0,973  $\Omega$  pada tuning 4,6 dan 0,472 pada tuning 6,6. Dilihat dari nilai impedansi reaktansi filter maka

besar nilai induktor dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$L = \frac{X_L}{2\pi \cdot f}$$

Dengan f menggunakan frekuensi fundamental (50Hz)

a. Perhitungan induktor untuk orde 5

$$L1 = \frac{0,973}{2 \times 3,14 \times 50} = 3,09 \text{ mH}$$

b. Perhitungan induktor untuk orde 7

$$L2 = \frac{0,472}{2 \times 3,14 \times 50} = 1,50 \text{ mH}$$

Hasil dari perhitungan diatas didapatkan nilai induktor orde 5 sebesar  $L = 3,09 \text{ mH}$  dan induktor orde 7  $L = 1,50 \text{ mH}$ .

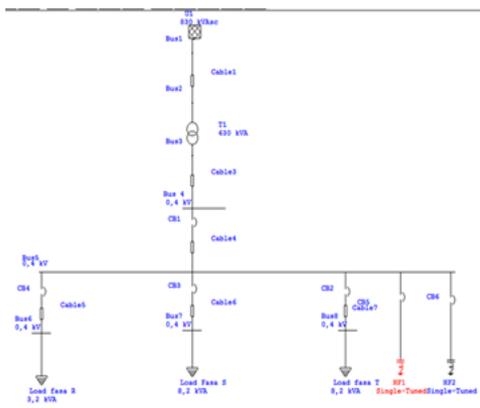
**Tabel 7** Data komponen-Komponen Filter Hasil Perhitungan

No	Komponen Filter	Nilai
1	XC	20,6 $\Omega$
2	C	154,59 $\mu\text{F}$
3	$X_{L1}$ (4,6)	0,973 $\Omega$
4	$X_{L2}$ (6,6)	0,472 $\Omega$
5	$L_{orde 5}$ (4,6)	3,09 mH
4	$L_{orde 7}$ (6,6)	1,50 mH

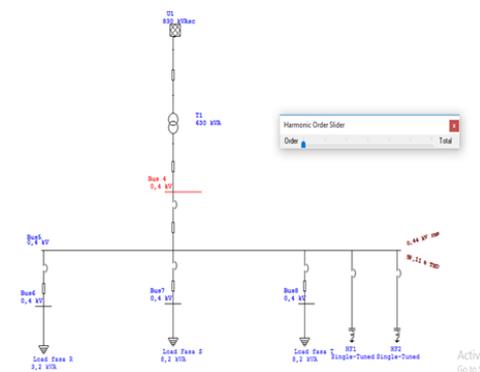
#### G. Pemodelan Pada ETAP

Dari hasil simulasi Gambar 5. dan Gambar 6. terlihat nilai THD pada bus 5 sebesar 58.11 %. Sehingga dapat kita perjelas dengan menampilkan spectrum harmonisa seperti pada Gambar 7.

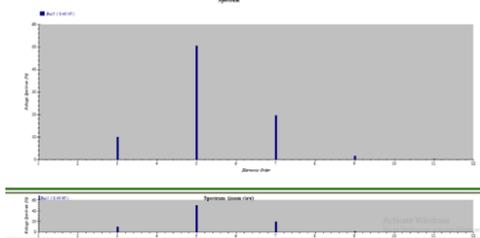
# Analisis Harmonisa Tegangan dan Arus Listrik di Gedung Teknik Penerbangan Politeknik Penerbangan Indonesia Curug



**Gambar 5** Simulasi Single Line Diagram ( Simulasi ETAP 12.6.0 )

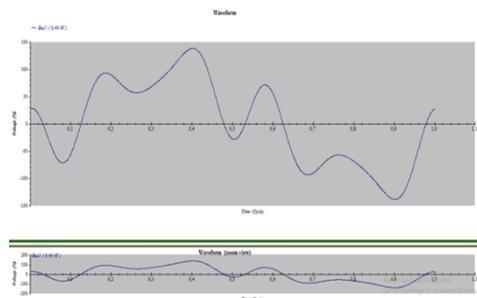


**Gambar 6** Simulasi LV MVDB Sebelum Dipasang Filter Pasif ( Simulasi ETAP 12.6.0 )

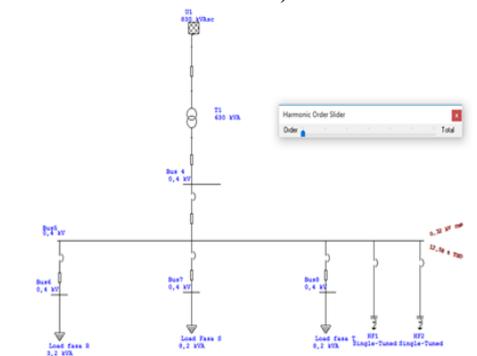


**Gambar 7** Grafik Harmonic Voltage Order (Hasil Simulasi ETAP 12.6.0)

Dari grafik diatas dapat kita lihat, bahwa harmonisa tertinggi sesuai dengan hasil pengukuran pada orde 5 dan 7.

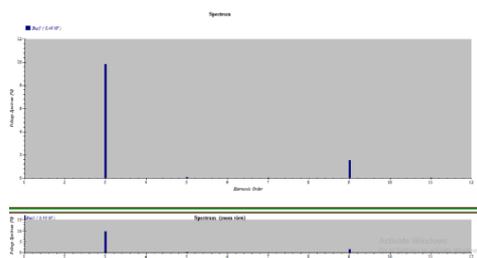


**Gambar 8** Gelombang Sinusoidal Sebelum Dipasang Filter (Hasil Simulasi ETAP 12.6.0)

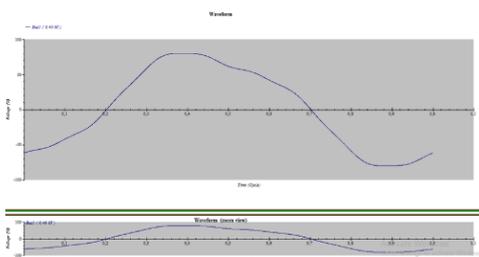


**Gambar 9** Simulasi LV MVDB Sesudah Dipasang Filter Pasif (Terpusat) ( Simulasi ETAP 12.6.0)

Dari hasil simulasi diatas dengan menggunakan nilai tuning 4,6 untuk orde 5 dan 6,6 untuk ore 7 didapatkan nilai THD turun, yaitu dari 58,11 menjadi 12,58.



**Gambar 10** Grafik Harmonic Voltage Order Sesudah (Hasil Simulasi ETAP 12.6.0)



**Gambar 11** Gelombang Sinusoidal Sesudah Dipasang Filter (Hasil Simulasi ETAP 12.6.0)

Dari hasil simulasi dengan ditambahkan komponen filter pasif single tuned dengan nilai tuning sebesar 4,6 untuk orde 5 dan tuning 6,6 untuk orde 7 dapat mereduksi harmonisa dari 58,11 menjadi 12,58.

## Kesimpulan Dan Saran

### Kesimpulan

1. Dari hasil pengukuran selama tiga hari pada kadungan harmonisa di gedung Teknik Penerbangan PPIC sangat tinggi. Data pengukuran harmonisa tertinggi yaitu pada hari Senin, 3 Agustus 2020 dengan nilai THD arus fasa R sebesar 67,98 %, S sebesar 29,73%, dan T sebesar 87,13 %. Dengan melihat hasil perhitungan pada bab 4 hal ini menunjukkan kualitas daya yang ditinjau dari harmonisa kurang baik nilai harmonisa melebihi standart yang ditentukan IEEE 519-1992.
2. Dari hasil simulasi pemasangan filter pasif Tuned menggunakan ETAP 12.6.0 nilai harmonic dapat di reduksi. Sebelum dipasang filter Passive Single Tuned nilai harmonic pada bus 5 sebesar 58,11 %. Setelah dipasang Filter nilai harmonic pada bus 5 dapat direduksi menjadi 12,58%. Di harapkan apabila di panel LVMDB dipasang filter pasif

single tuned nilai harmonisa dapat di reduksi seperti hasil simulasi pada ETAP 12.6.0.

### Saran

1. Berdasarkan hasil pengambilan data, pengolahan data, dan analisis data maka penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam tugas akhir ini, dan juga waktu yang digunakan untuk pengambilan data pun sangat singkat yaitu hanya berkisar tiga hari mulai hari Senin, 3 Agustus 2020 sampai dengan Rabu, 5 Agustus 2020. Sebaiknya untuk hasil pengukuran yang lebih akurat maka dibutuhkan waktu pengambilan data yang lebih lama, yaitu minimal satu bulan. Untuk mengantisipasi adanya kegiatan tambahan yang membutuhkan suplai tenaga listrik yang besar.
2. Hasil simulasi dapat digunakan sebagai acuan untuk merencanakan pemasangan Filter passive single tuned pada LVMDP di gedung Teknik Penerbangan PPIC. Walaupun hasil simulasi dengan kondisi real tidak bisa sama persis 100%.

### Daftar Pustaka

- BSN. Badan Standarisasi Nasional. 2000. SNI 04-0225-2000. *PUIL 2000*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Dugan, Roger, C. 2004. *Electrical Power Systems Quality Second Edition*. USA : McGraw-Hill Professional.
- ICAR, Technology Looking Ahead. 2017. *Product Catalogue Power Factor Correction*. Italy : ICAR.

- IEEE Std 519-1992, ***IEEE Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems***. AS : Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- Ngakil, Ibnu, 2010. ***Audit Kualitas Daya Listrik Khususnya Harmonisa Pada Industri Paper***. Depok : Jurnal Universitas Indonesia.
- Sankaran, C. 2002. ***Power Quality***. USA : CRC Press LLC.
- Salsabila, K, 2019. ***Analisis Pembebanan Transformator Tenaga Pada Gardu Listrik Di Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia***. Tangerang : Langit Biru
- Sukmana, Yeri, 2018. ***Kajian Perencanaan Pemasangan Filter Pasif Single Tuned Pada Trafo 1 Kapasitas 500 kVA Politeknik Negeri Malang***. Malang : Jurnal Politeknik Negeri Malang.
- Rinas, I, Wayan, 2017. ***Kualitas Daya Listrik & Beberapa Solusinya***. Bali : Udayana University Perss.
- Hartono, Faiz. M. 2018. ***Pengukuran Dan Analisis Kualitas Daya Listrik Di PT. TECHPACK ASIA***. Semarang : Jurnal Universitas Muhammadiyah semarang.