

# ANALISIS HARMONISA PADA BAGIAN AUXILIARY PLTU X

<sup>1</sup> Dimas Alfarezy, <sup>2</sup> Abraham Lomi, <sup>3</sup> Awan Uji Krismanto

<sup>1</sup> Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang

<sup>1</sup>alfarezzzy@gmail.com, <sup>2</sup>abraham@lecturer.itn.ac.id, <sup>3</sup>awan\_uji\_krismanto@lecturer.itn.ac.id

**Abstrak**— Distorsi pada instalasi listrik atau gangguan pada penyebaran listrik disebut Harmonisa. Gelombang real adalah hasil penyatuan gelombang ideal dan harmonisa. Gelombang tegangan dan arus yang ideal atau tidak memiliki harmonisa adalah gelombang yang hanya terdapat satu frekuensi didalamnya. Akibat dari penggunaan beban tidak linier yaitu dapat menyebabkan menurunnya kualitas daya pada peralatan atau pada sistem tenaga listrik di industri. Penelitian ini yang dilakukan pada PLTU X yang membahas mengenai distorsi harmonisa pada sistem bagian auxiliary PLTU X dan merancang filter pasif harmonisa guna memperbaiki gelombang harmonisa PLTU X agar memenuhi standar IEEE 519. Diawali dengan mengambil data pada PLTU X. Kemudian merancang model sistem pada software ETAP 16.0.0. Dilakukan simulasi dengan analisis harmonisa. Sehingga, hasil yang didapatkan yaitu adanya distorsi harmonisa pada sistem THDv sebesar 17,23% dan THDi sebesar 15,60%. Selanjutnya, dari hasil tersebut dilakukan rancang filter guna memperbaiki distorsi tersebut. Pemasangan filter pasif yang dirancang berhasil menurunkan gelombang distorsi harmonisa. Bus 400v mengalami pengurangan THDv 13,81% senilai 17,23% menjadi 3,42%, sedangkan pada THDi turun 14,46% dari yang bernilai 15,60% menjadi 1,41%.

*Kata Kunci:* distorsi harmonisa, filter pasif, beban non linier, etap 16.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangkit listrik berbahan bakar fosil adalah perangkat pembangkit listrik yang mengubah energi kimia yang tersimpan dalam bahan bakar fosil seperti batu bara, gas, minyak menjadi energi panas, energi mekanik dan akhirnya energi listrik[1]. Dalam seratus terakhir pembangkit listrik bahan bakar fosil adalah fasilitas yang paling banyak digunakan di industri tenaga listrik dan memainkan peran mendasar dalam produksi dan kehidupan sosial[1]. Salah satu contoh bahan bakar fosil yang sering digunakan di Indonesia adalah batu bara. Perkembangan produksi batubara periode tahun 2009-2018 mengalami peningkatan yang cukup besar, dengan capaian produksi pada tahun 2018 sebesar 557 juta ton[2]. Efisiensi yang tinggi dan mampu menghasilkan listrik yang ekonomis membuat PLTU menjadi pembangkit yang sering dibangun. Indonesia sudah dan tetap membangun PLTU sebagai salah satu upaya memenuhi kebutuhan energi listrik untuk mencapai rasio

elektrifikasi 100% dan juga untuk mendukung pembangunan nasional[3]. Proses konversi energi pada PLTU dibagi menjadi tiga tahapan penting yaitu proses pembentukan uap yang bertekanan dan temperature tinggi dengan mengubah energi kimia batubara menjadi energi panas kemudian uap yang telah dihasilkan digunakan untuk menggerakkan turbin dan turbin yang berputar dikopel dengan generator untuk menghasilkan energi listrik.

PLTU terdiri dari beberapa bagian salah satunya yaitu adalah *auxiliary* atau aux. Aux berfungsi untuk mengantur beberapa peran penting pada PLTU yaitu pembukaan dan penutupan pompa pendingin air dan pengaturan kipas kipas pada PLTU. Aux juga mengatur beberapa bagian dari *boiler* seperti *blower* dan *ignition*. Beban non linear terdapat cukup banyak pada bagian ini kerna menggunakan *variable drive*.

Harmonisa adalah distorsi gelombang arus atau tegangan sinusoidal pada sistem tenaga [4]. Harmonisa timbul dari beban nonlinier atau perangkat dengan komponen semikonduktor [4]. Ada dua jenis beban dalam jaringan listrik: beban linier dan beban nonlinier. Beban nonlinier adalah beban yang menghasilkan bentuk gelombang linier. Artinya, arus yang mengalir sama dengan impedansi dan tegangan berubah. Beban linier bersifat pasif, tidak dapat menghasilkan energi listrik, dan menjadi konsumen energi listrik dalam kehidupan sehari-hari, seperti elemen pemanas dan penerangan [4]

PLTU X adalah pembangkit listrik bertenaga uap berdaya 2X60 MW. PLTU X. Dalam satu bulan PLTU X mendapatkan kiriman 8 tongkang batu bara yang per tongkangnya terdapat 5000 M/t batu bara. Batu bara yang dikirimkan biasanya memakan waktu 2,12 hari untuk dipindahkan ke coal yard.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diambil pembahasan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara menganalisa harmonisa pada PLTU X pada bagian auxiliary
2. Bagaimana cara mengurangi harmonisa pada PLTU X pada bagian auxiliary

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. menganalisa harmonisa pada PLTU X pada bagian auxiliary
2. mengurangi harmonisa pada PLTU X pada bagian auxiliary

#### 1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan ini dilakukan batasan masalah sebagai berikut

1. Pembahasan yang dibahas mengenai PLTU X.
2. Pembahasan yang dibahas tentang bagian auxiliary batu bara.
3. Pembahasan yang dibahas mengenai harmonisa.
4. Aplikasi yang digunakan adalah ETAP.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit Listrik Tenaga Uap adalah pembangkit yang memanfaatkan energi kinetik berupa uap untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit listrik tenaga uap memiliki bentuk utama berupa generator yang dihubungkan dengan turbin yang digerakan oleh energi kinetik dari uap panas yang dihasilkan melalui pembakaran batu bara[5]. turbin uap bekerja dengan menggunakan sumber panas batu bara untuk memanaskan air pada suhu yang sangat tinggi hingga diubah menjadi uap. Saat uap mengalir melewati bilah turbin yang berputar, uap mengembang dan mendingin. Energi potensial uap diubah menjadi energi kinetik di bilah turbin yang berputar. Karena turbin uap menghasilkan gerakan berputar, mereka sangat cocok untuk menggerakkan generator listrik untuk pembangkit tenaga listrik. Turbin dihubungkan ke generator dengan poros, yang pada gilirannya menghasilkan energi melalui medan magnet yang menghasilkan arus listrik

#### 2.1.1 Bagian-Bagian PLTU

##### 1. Generator

Generator adalah alat yang dapat mengubah tenaga mekanik menjadi energi listrik. Tenaga mekanik bisa berasal dari panas, air, uap, dll. Energi listrik yang dihasilkan oleh generator bisa berupa arus listrik AC (listrik bolak-balik) maupun arus listrik DC (listrik searah). Hal tersebut ditentukan dari konstruksi generator yang dipakai oleh pembangkit tenaga listrik[6]. Generator modern bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik yang ditemukan oleh Michael Faraday pada tahun 1831-32. Faraday menemukan bahwa aliran muatan listrik dapat diinduksi dengan menggerakkan konduktor listrik, seperti kawat yang mengandung muatan listrik, dalam medan magnet. Gerakan ini menimbulkan perbedaan tegangan antara kedua ujung kawat atau penghantar listrik, yang pada gilirannya menyebabkan muatan listrik mengalir, sehingga menghasilkan arus listrik

##### 2. Turbin Uap

Turbin uap adalah alat yang mengubah energi potensial menjadi energi kinetik. Energi kinetik tersebut kemudian diubah menjadi energi mekanik berupa putaran poros turbin. Poros turbin terhubung ke mekanisme penggerak.[5] Turbin uap banyak digunakan di berbagai industri untuk menghasilkan listrik. Prinsip kerja turbin uap adalah uap masuk ke turbin melalui mulut pipa. Di dalam turbin, energi panas dari uap

diubah menjadi energi kinetik, dan uap berkembang. Tekanan uap saat keluar dari mulut pipa lebih kecil dari pada saat masuk ke mulut pipa, namun sebaliknya kecepatan uap yang keluar dari mulut pipa lebih tinggi dibandingkan saat masuk ke mulut pipa. Uap yang keluar dari turbin diarahkan ke sudu turbin yang berbentuk busur dan dipasang di sekitar roda turbin. Uap yang mengalir melalui celah dibelokkan menuju lekukan sudu turbin. Perubahan kecepatan uap ini menimbulkan dorongan dan kemudian memutar roda dan poros turbin

### 2.2 ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*)

ETAP adalah alat analisis menyeluruh untuk desain sistem tenaga dan pengujian yang dikembangkan oleh perusahaan. ETAP adalah software perusahaan dengan antarmuka grafis. Kita dapat mengganti beberapa antarmuka fungsional dalam program yang sama dan penggunaan ini sangat nyaman[7] ETAP menyimpan data yang detail untuk setiap perangkat listrik pada sistem. Data editor mempercepat proses pemasukan data dengan hanya membutuhkan data yang minimal untuk suatu studi. Editor tersusun secara logis untuk mendukung proses mempermudah pemasukan data. Penyusunan one line diagram pada ETAP juga memiliki pendukung yang memungkinkan disusunnya jaringan dengan kompleksitas yang beragam. Sebagai contoh, setiap elemen dapat diatur orientasi, ukuran dan simbol representasinya pada diagram (menurut standard IEC atau ANSI). One line diagram ini juga memungkinkan dipasangnya beberapa peralatan proteksi di antara saluran dan busbar.

### 2.3 Gelombang Harmonisa

Harmonisa adalah gelombang yang terdistorsi atau terganggu pada daya, tegangan, dan arus. Harmonisa terdiri dari gelombang-gelombang sinus yang frekuensinya kelipatan dari frekuensi sumber, hingga menyebabkan bentuk gelombang tidak sinusoidal. Terdapatnya beban non linier, menyebabkan perubahan pada bentuk gelombang[8]. Harmonisa dapat memberikan kerugian pada sistem, salah satunya adalah resonansi paralel atau seri. Salah satu harmonisa adalah pemasangan kapasitor shunt untuk kompensasi daya reaktif[8]. Resonansi ini meningkatkan tegangan harmonisa yang cukup besar pada bus kapasitor dan merusak kapasitor itu sendiri dan komponen jaringan lainnya, harmonisa diperhatikan agar tidak terjadi hal seperti ini. Harmonisa dapat dikurangi dengan pemasangan filter harmonisa. pemasangan filter harmonisa bertujuan untuk mengurangi amplifikasi dari frekuensi dari sebuah tegangan atau arus.

Nilai harmonisa yang tinggi dapat mengakibatkan kualitas daya menurun. Pemasangan filter aktif perlu untuk menangani distorsi harmonisa dapat memenuhi standar yang telah ditetapkan.

Distorsi harmonik diterjemahkan melalui distorsi gelombang arus dan tegangan dalam jaringan yang tidak lagi sinusoidal. Ini menghasilkan arus, tegangan, dan daya harmonik dalam jaringan yang mengandung beban nonlinier. Distorsi harmonik, yang merupakan bentuk distorsi kualitas dari arus, tegangan, atau daya listrik, adalah besaran variabel variabel yang besarnya dapat dinyatakan sebagai distorsi harmonik total (THD). Beban non liner meliputi:

Inverter, komputer, printer, lampu neon menggunakan ballast elektronik[9] Menyatakan besarnya kandungan arus dan tegangan harmonisa, yang didefinisikan sebagai perbandingan nilai rms komponen harmonik terhadap komponen dasar dalam (%). Untuk satu gelombang sinus sempurna pada frekuensi dasar, THD adalah nol. Distorsi Harmonik Individu (IHD) adalah rasio antara nilai RMS harmonik individu dengan nilai RMS fundamental. Distorsi harmonik total (THD) adalah rasio nilai RMS komponen harmonik terhadap nilai RMS komponen fundamental [9] Menyatakan besarnya kandungan arus dan tegangan harmonisa, yang didefinisikan sebagai perbandingan nilai rms komponen harmonik terhadap komponen dasar dalam (%). Untuk satu gelombang sinus sempurna pada frekuensi dasar, THD adalah nol.

THD<sub>v</sub> tegangan: THD<sub>v</sub>=

$$\frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \times 100$$

Keterangan :

V<sub>n</sub> = Tegangan Harmonik Orde ke-n

V<sub>1</sub> = Tegangan Fundamental (V<sub>rms</sub>)

n = 2 - ∞

arus : THD<sub>i</sub>

$$\frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \times 100$$

Keterangan :

I<sub>n</sub> = Arus Harmonik Orde ke-n

I<sub>1</sub> = Arus Fundamenta (I<sub>rms</sub>)

n = 2 - ∞

## 2.4 Filter Harmonisa

Filter harmonisa adalah suatu alat yang didalamnya terdapat rangkaian yang berfungsi untuk mengurangi harmonisa. Filter harmonisa dapat dibagi dua yaitu filter pasif atau filter aktif. Filter pasif disetel untuk frekuensi tertentu, yang berarti bahwa resonansi frekuensi rangkaian filter seri sangat dekat dengan yang ada harmonik[10]. Studi Beban dan kualitas daya yang sangat hati- penting untuk merancang filter yang disetel dengan tepat.

Filter pasif memiliki inductor dan capasitor yang ditempatkan secara seri yang efektif dalam mengurangi harmonisa pada sistem tenaga listrik yang memiliki input tegangan sinus murni. Terdapatnya beban non linier pada system membuat gelombang tidak menjadi sinus murni sehingga memiliki cacat pada gelombang. Fungsi pasif filter adalah mengurangi gelombang yang cacat agar mirip dengan bentuk gelombang tegangan awal [11] Filter Aktif beroperasi dengan memberikan arus yang sama dengan harmonisa pada system yang telah dipasang. Nilai harmonisa didapat dari arus beban yang dimasukan pada rangkaian pembentuk arus referensi[11]. Hybrid filter adalah gabungan dari filter aktif dan pasif yang berkerja lebih efektif dari kedua filter tersebut yang memberikan arus dan berangkaian serimegefektifkan sebuah

sistem dalam hal ini untuk meredam harmonisa sebaik mungkin.[10]

## III. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Teknik Pengumpulan Data

Dalam penyusunan skripsi ini diperlukan adanya penulisan yang sistematis dengan tujuan memudahkan bagaimana langkah pengerjaan laporan dan proses pengerjaan. Tahap tahap penelitian yang akan dilakukan untuk menyelesaikan skripsi dengan secara runtut dalam bentuk konsep penelitian berupa diagram alur penelitian.

#### 1. Studi Literatur

Studi literatur mempelajari refrensi-refrensi dari jurnal yang berkaitan dengan penelitian skripsi serta mempelajari lebih lanjut tentang harmonisa dan rancangan filter harmonisa dengan tujuan agar konsep penelitian skripsi lebih jelas dan terarah.

#### 2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data PLTU berupa single line diagram, data pembangkit, parameter transformator, dan data beban.

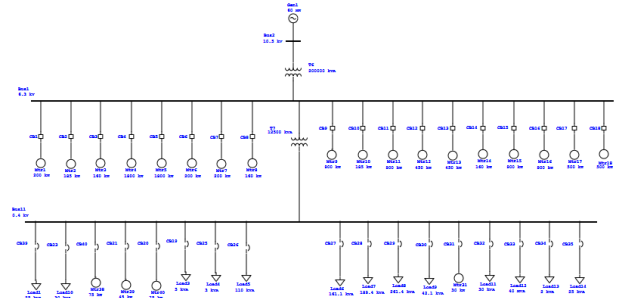
#### 3. Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini akan dilakukan analisa dan pembahasan dari hasil perhitungan yang telah diperoleh kemudian melakukan perancangan filter harmonisa menggunakan software ETAP

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Data Kelistrikan PLTU Pulang Pisau

Pemodelan dan simulasi analisa gelombang harmonisa yang dilakukan pada penelitian ini dilakukan pada sistem PLTU Pulang Pisau. Tabel 4.1 menyajikan data Beban non linear berupa *variable frequency drive* (VFD) yang digunakan pada sistem pembangkit PLTU Pulang Pisau , yang dijadikan sebagai parameter yang dikaji dalam penelitian ini.:



Gambar 2. Single Line Diagram Kelistrikan Bagian Auxiliary PLTU Pulang Pisau

Tabel 1. Beban non linear

Nama	VSD1	VSD2	VSD3
Beban (kW)	3.5	3.5	3.5

##### 4.2 Standard Harmonisa pada Sistem tenaga listrik (THD)

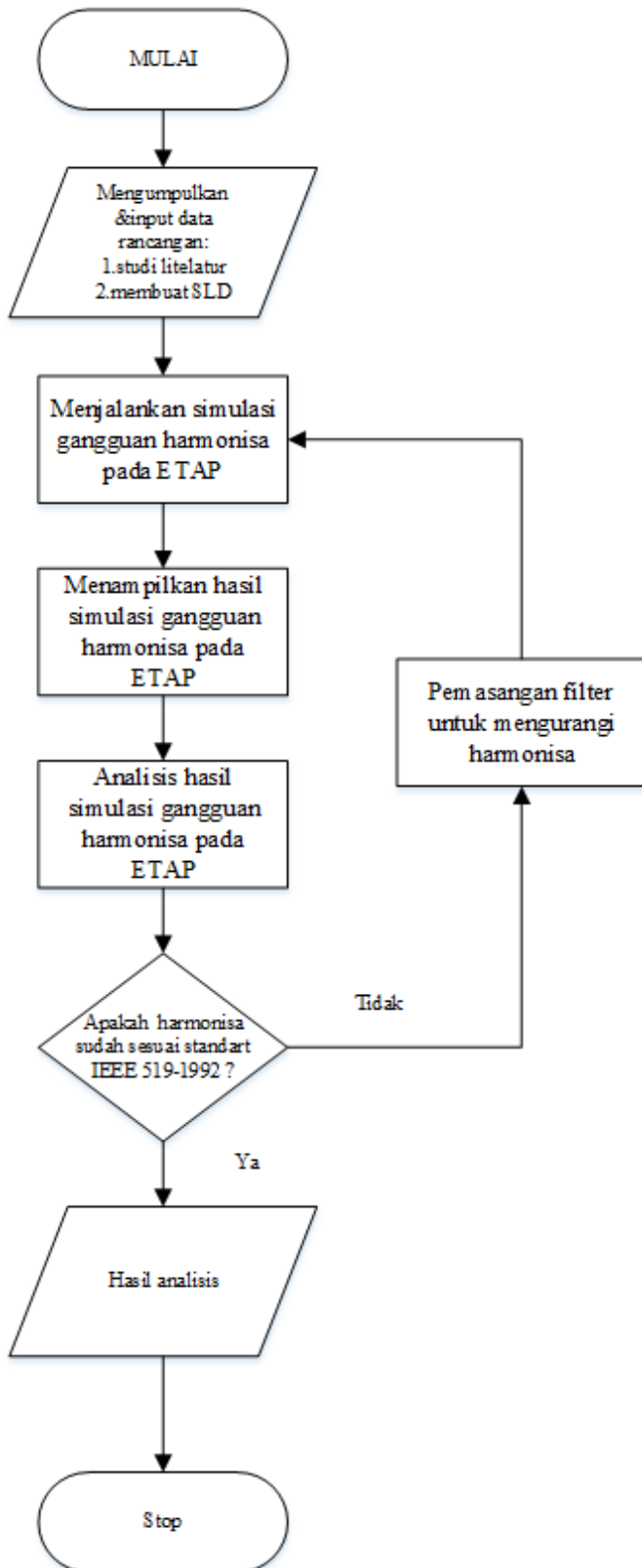
Harmonisa pada tegangan memiliki batasan yang telah disetujui oleh IEEE, berikut adalah batasan tegangan sistem dan batas harmonisa yang diizinkan (IEEE 519-2014) (11)

Bus Voltage V at PCC	Individual Harmonic (%)	Total Harmonic Distorsion (THD) (%)
$V \leq 1 \text{ kV}$	5	8
$1 \text{ kV} < V \leq 69 \text{ kV}$	3	5
$69 \text{ kV} < V \leq 161 \text{ kV}$	1,5	2,5
$161 \text{ kV} < V$	1	1,5

Tabel 2. Batas Distorsi yang diizinkan

Menurut acuan IEEE 519-2014, THD<sub>v</sub> yang digunakan sebesar 8 % dikarenakan sistem tenaga listrik area ini sebesar 400v

Tabel perbandingan dibawah digunakan untuk menentukan standar harmonis arus.



Gambar 1 Flowchart Penelitian

Tabel 3. Batas Distorsi Arus

Maksimum harmonic current distortion in percent of $I_L$						
Individual harmonic order (odd harmonic)						
$I_{sc}/I_L$	$3 \leq h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h < 50$	THD (%)
<20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20<50	7	3.5	2.5	1.0	0.5	8
50<100	10	4.5	4	1.5	0.7	12
100<1000	12	5.5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2.5	1.4	20

Batas distorsi arus atau THDi di tentukan dengan menggunakan *SCRatio*, dengan rumus berikut.

$$I_{sc} = \frac{KVA \times 100}{\sqrt{3} \times KV \times Z(\%)} \quad (1)$$

$I_{sc}$  = Arus hubung singkat

Z = Impedansi (%)

Jadi nilai  $I_{sc}$  yaitu sebesar 30.0703.26 *Ampere*.

Diperlukan total daya aktif sistem, power factor, dan tegangan sekunder dari transformator untuk menghitung arus beban maksimum, dengan rumus :

$$I_L = \frac{KW}{PF \times \sqrt{3} \times KV}$$

$I_L$  = Arus beban maksimum (A)

PF = Power Factor

Jadi nilai  $I_L$  yaitu sebesar 57895.90 *Ampere*

Jika kedua nilai  $I_{sc}$  dan  $I_L$  telah diketahui, maka rasio hubung singkat (*SCRatio*) dapat ditentukan menjadi,

$$SCRatio = \frac{I_{sc}}{I_L}$$

*SCRatio* = Rasio hubung singkat (A)

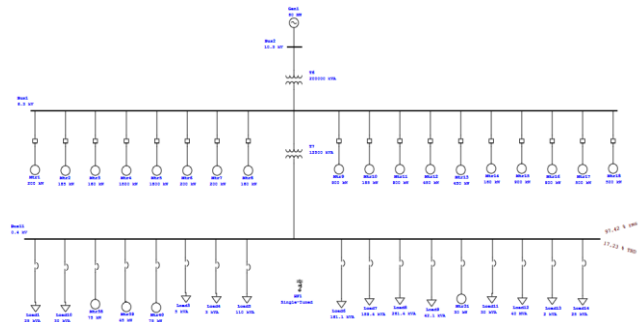
$I_{sc}$  = Arus hubung singkat

$I_L$  = Arus beban maksimum

Sehingga, didapatkan hasil *SCRatio* senilai 10.9. Karena *SCRatio* dibawah 20 A , sehingga THDi yang digunakan adalah 8 % (IEEE 519-2014)

### 4.3 Simulasi Analisis Harmonisa

Berikut merupakan simulasi Total Harmonic Distortion (THD) pada Bagian AUX PLTU

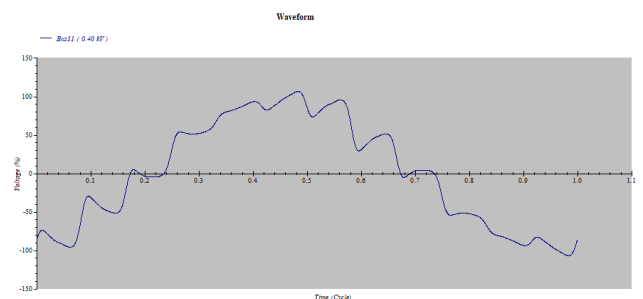


Gambar 3. Hasil simulasi harmonisa Sistem Kelistrikan PLTU Pulang Pisau bagian *Auxiliary* sebelum diberi filter

Tabel 4. Hasil simulasi THD Sistem Kelistrikan PLTU Pulang Pisau Bagian *Auxiliary* sebelum diberi filter

Nama	THDv (%)		Keterangan
	ETAP 16.0	Standar IEEE 519- 2014	
Aux 400v	11.28	8	Tidak sesuai
Nama	Kandungan THDi (%)		Keterangan
	ETAP 16.0	Standar IEEE 519- 2014	
Aux 400v	7.55	5	Tidak memenuhi

Tabel 4 adalah tabel komparasi THDv dan THDi hasil simulasi . Hasil simulasi tidak sesuai standar IEEE 519-2014, Dimana THDv sesuai standar. Nilai THDv (11.28%) dan nilai THDi (THDi=7.55%)



Gambar 5. Gelombang Sinusodial Pada Bus 400v

#### 4.4 Perancangan Filter Pasif untuk Meredam Distorsi Harmonisa

Pemasangan Filter pasif jenis *Single Tuned* dapat untuk meredakan distorsi harmonisa akibat adanya beban non-linier. Kelebihan dari filter tersebut yang terdapat komponen kapasitor yaitu dapat memperbaiki nilai faktor daya. Filter ini dirangkai dengan rangkaian RLC.

Dilakukan perhitungan terhadap orde 5, dikarenakan adanya distorsi yang paling besar. Perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

##### 1. Menentukan nilai perbaikan faktor daya.

$$QC = P(\tan\phi_{awal} - \tan\phi_{akhir})$$

Dengan :

Qc = Perbaikan factor daya (kVAR)

P = Daya nyata (kW)

$\tan\phi_{awal}$  = Faktor daya pada sistem

$\tan\phi_{akhir}$  = Faktor daya normal

$$QC = 5749.09$$

##### 2. Menentukan nilai Xc

$$X_c = \frac{0.40^2}{Q_c}$$

Dengan :

Xc = Reaktansi kapasitif ( $\Omega$ )

V = Tegangan pada saluran (kV)

Qc = Perbaikan factor daya (kVAR)

$$X_c = 0,27 \Omega$$

##### 3. Nilai XC telah diperoleh, selanjutnya menentukan nilai kapasitor dengan persamaan.

$$C = \frac{1}{2\pi f \times X_c}$$

Dengan :

C = Nilai kapasitor (F)

Xc = Reaktansi kapasitif ( $\Omega$ )

f = Frekuensi fundamental (50 Hz)

$$C = 11700 \mu F$$

#### 4. Menentukan nilai induktor dan impedansi induktor

$$L = \frac{1}{(C)(2\pi f \times n)^2}$$

L = Nilai inductor (H)

C = Nilai kapasitor (F)

f = Frekuensi fundamental (50 Hz)

n = Nilai ordo harmonisa yang akan dieliminasi

XL = Reaktansi induktif ( $\Omega$ )

$$L = 0,0000071 H$$

$$X_L = 2\pi fL$$

$$X_L = 0.00222 \Omega$$

#### 5. Menentukan nilai resistor

$$R = \frac{n \times X_L}{Q}$$

R = Nilai resistor ( $\Omega$ )

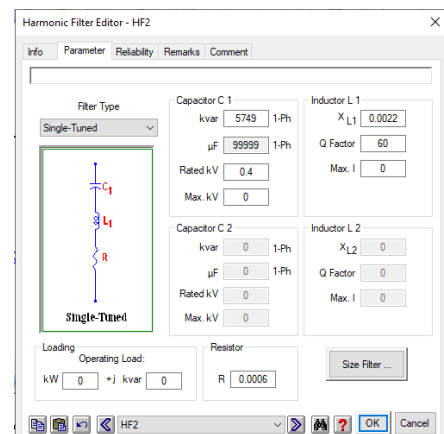
XL = Reaktansi induktif ( $\Omega$ )

n = Nilai ordo harmonisa yang akan dieliminasi

Q = Ukuran ketajaman filter

$$R = 0,00061 \Omega$$

dibawah ini adalah detail filter yang akan dipasang pada system yang disesuaikan dengan nilai yang didapatkan dari persamaan sebelumnya..



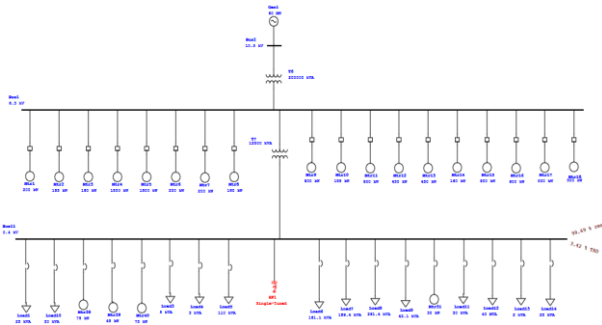
Gambar 6. Spesifikasi Filter

#### 4.5 Simulasi Analisis harmonisa setelah Pemasangan Filter

Untuk analisis ini akan digunakan 3 tipe filter yaitu single tuned, high-pass damped, dan 3 order damped. Setiap filter akan

diberi parameter yang sama agar menunjukkan filter terbaik yang mengurangi harmonisa secara efektif pada PLTU X bus AUX 400v.

#### 4.5.1 Single Tuned

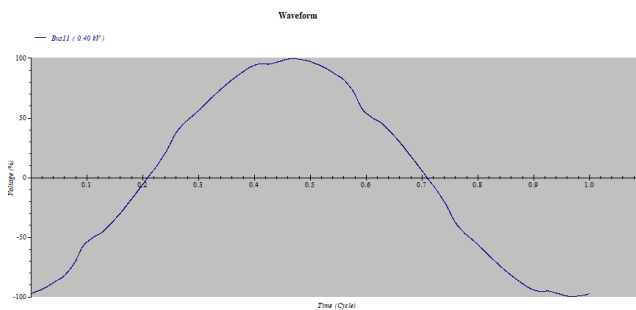


**Gambar 7. Hasil Simulasi Harmonisa Sistem Kelistrikan PLTU Pulang Pisau Bagian Auxiliary Setelah diberi Filter Single Tuned**

Nama	THDv (%)		Keterangan
	ETAP 16.0	Standar IEEE 519- 2014	
Aux 400v	2.06	8	Terpenuhi
Nama	Kandungan THDi (%)		Keterangan
	ETAP 16.0	Standar IEEE 519- 2014	
Aux 400v	2.98	5	Terpenuhi

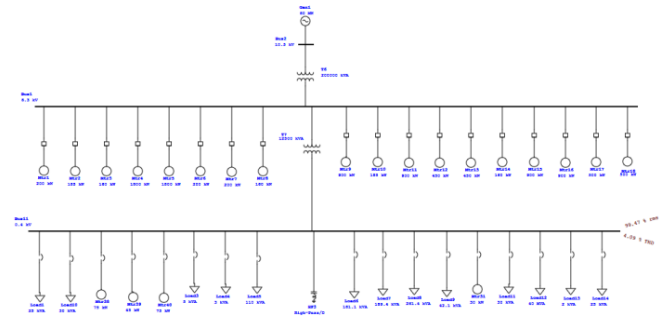
**Tabel 5. Hasil Simulasi THD Sistem Kelistrikan**

Tabel 5 adalah komperasi antara THDv dan THDi hasil simulasi. Dari hasil diatas dapat diambil kesimpulan bahwa kandungan THDv dan THDi pada bus AUX 400V telah memenuhi standar IEEE 519-2014. THDv% menjadi 2,06% dan THDi menjadi 2,98% . Gambar 4.5 menampilkan hasil simulasi dalam bentuk gelombang sinusodial pada bus AUX 400v setelah pemasangan filter single tuned.



**Gambar 9. Gelombang Sinusodial Pada Bus 400v Hasil Pemasangan Filter Single Tuned**

#### 4.5.2 High-Pass Damped

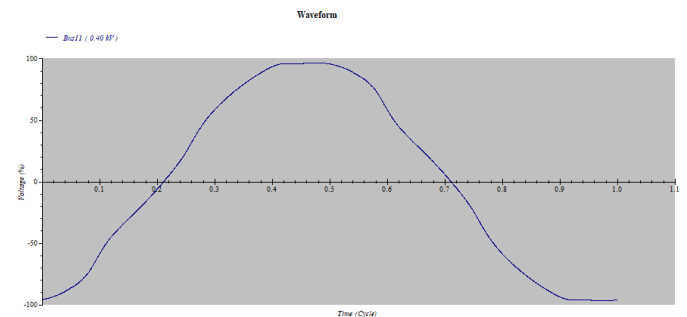


**Gambar 10 Hasil Simulasi Harmonisa Sistem Kelistrikan PLTU X Bagian Auxiliary Setelah diberi Filter High-Pass Damped**

Nama	THDv (%)		Keterangan
	ETAP 16.0	Standar IEEE 519- 2014	
Aux 400v	2.40	8	memenuhi
Nama	THDi (%)		Keterangan
	ETAP 16.0	Standar IEEE 519- 2014	
Aux 400v	4.57	5	memenuhi

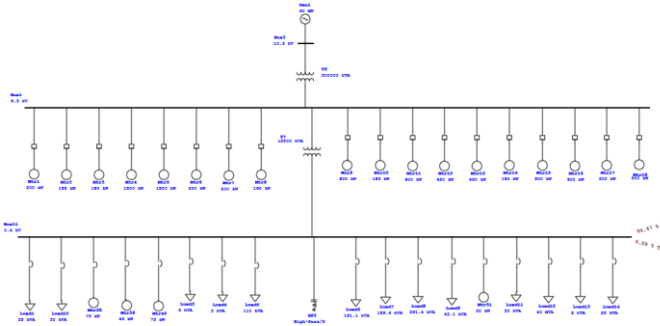
**Tabel 6. Hasil simulasi THD Sistem Kelistrikan**

Tabel 6 adalah komperasi antara THDv dan THDi hasil simulasi .Menurut standar IEEE 519-2014, dinyatakan bahwa pada bus AUX 400v kandungan THDv dan THDi telah memenuhi standar. THDv menjadi 2,40% THDi menjadi 4,57%. Gambar 4.7 menampilkan hasil simulasi dalam bentuk gelombang sinusodial pada bus AUX 400v setelah pemasangan filter.



**Gambar 12. Gelombang Sinusodial Pada Bus 400v Hasil Pemasangan Filter High Pass**

### 4.5.3 3<sup>rd</sup> order damped

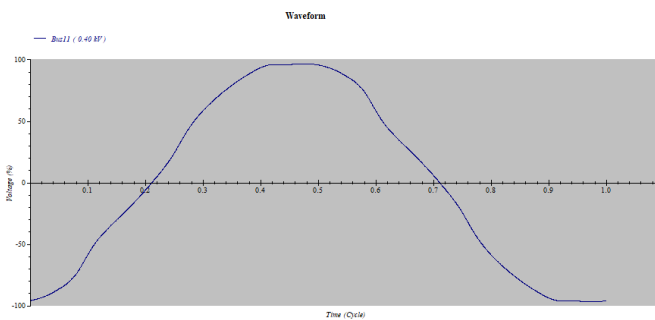


**Gambar 13 Hasil Simulasi Harmonisa Sistem Kelistrikan PLTU Pulang Pisau Bagian Auxiliary Setelah diberi Filter 3<sup>rd</sup> Order Damped**

Nama	THDv (%)		Keterangan
	ETAP 16.0	Standar IEEE 519-2014	
Aux 400v	4.37	8	memenuhi
Nama	THDi (%)		Keterangan
	ETAP 16.0	Standar IEEE 519-2014	
Aux 400v	2.51	5	memenuhi

**Tabel 7. Hasil simulasi THD Sistem Kelistrikan**

Tabel 7 adalah komperaso antara THDv dan THDi hasil simulasi .Menurut standar IEEE 519-2014, Memperlihatkan pada bus AUX 400v THDv dan THDi telah memenuhi standar. THDv menjadi 5,12% THDi menjadi 4.43%. Gambar 4.9 menampilkan hasil simulasi dalam bentuk gelombang sinusodial pada bus AUX 400v setelah pemasangan filter



**Gambar 15. Gelombang Sinusodial Pada Bus 400v Hasil Pemasangan Filter 3<sup>rd</sup> order**

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Hasil simulasi pada Sistem kelistrikan PLTU X yang mendistribusikan listrik ke bagian auxiliary 400v dengan harmonisa pada sistem kelistrikan yang belum sesuai dengan standar yaitu 17.23% THDv dan 15.60% THDi
2. Kandungan THDi PLTU X bagian Auxiliary simulasi menggunakan software ETAP sebelum pemasangan filter pasif single tuned Bus 400v auxiliary 15.60% yang tidak sesuai standar IEEE 519-2014 yang diizinkan senilai  $\leq 5\%$ . Setelah pemasangan filter pasive type single tuned pada Bus 400v auxiliary nilai THDi yaitu 1.39% dan telah memenuhi standar IEEE 519-2014 yang diizinkan senilai  $\leq 5\%$ . Nilai THDv setelah pemasangan filter di PLTU X bagian Auxiliary 3.42% dimana THDv rendah dari sebelum pemasangan filter aktif dan mencapai standar IEEE 519-2014 senilai  $\leq 8\%$
3. Kandungan THDi PLTU X bagian Auxiliary simulasi menggunakan software ETAP sebelum pemasangan filter pasif high-pass damped Bus 400v auxiliary 15.60% yang tidak sesuai standar IEEE 519-2014 yang diizinkan senilai  $\leq 5\%$ . Setelah pemasangan filter pasive type high-pass damped pada Bus 400v auxiliary nilai THDi yaitu 2.91% dan telah memenuhi standar IEEE 519-2014 yang diizinkan senilai  $\leq 5\%$ . Nilai THDv setelah pemasangan filter di PLTU Pulang Pisau bagian Auxiliary 4.09% dimana nilai THDv rendah dari sebelum pemasangan filter aktif dan mencapai standar IEEE 519-2014 sebesar  $\leq 8\%$
4. Kandungan THDi PLTU X bagian Auxiliary simulasi menggunakan software ETAP sebelum pemasangan filter pasif 3<sup>rd</sup> order damped Bus 400v auxiliary 15.60% yang tidak sesuai standar IEEE 519-1992 yang diizinkan senilai  $\leq 5\%$ . Setelah pemasangan filter pasive type 3<sup>rd</sup> order damped pada Bus 400v auxiliary nilai THDi yaitu 2.56% dan telah memenuhi standar IEEE 519-2014 yang diizinkan senilai  $\leq 5\%$ . Nilai THDv setelah pemasangan filter di PLTU X bagian Auxiliary 4.37% dimana nilai THDv tersebut rendah dari sebelum pemasangan filter aktif dan mencapai standar IEEE 519-2014 sebesar  $\leq 8\%$
5. Hasil analisis menggunakan 3 macam filter pasif yaitu single tuned,high-pass damped, dan 3<sup>rd</sup> order damped single tuned terbukti menurunkan harmonisa dengan baik daripada 2 filter lain. Filter single tuned mengurangi harmonisa hingga ke nilai 1.39% untuk THDi dan 3.42 untuk THDv paling rendah diantara filter high-pass dengan nilai THDi 2.91 THDv 4.09 dan 3<sup>rd</sup> order damped dengan nilai THDi 2.56 THDv 4.37.

### 5.2 Saran

Berikut merupakan saran dari penelitian yang dilakukan yaitu :

1. Pada sistem tenaga listrik diperlukan adanya pemasangan filter berdasarkan parameter parameter sistem sehingga selain dapat mengurangi disorsi harmonisa dengan efektif



sehingga dapat mencapai nilai ekonomis yang bagus karena harga filter yang tidak murah.

## VI. REFERENSI

- [1] X. Wu, J. Shen, Y. Li, and K. Y. Lee, "Steam power plant configuration, design, and control," *Wiley Interdiscip. Rev. Energy Environ.*, vol. 4, no. 6, pp. 537–563, 2015, doi:10.1002/wene.161.
- [2] Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional, "Indonesia Energy Outlook 2019," *J.Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [3] N. S. Kumara, "Telaah Terhadap Program Percepatan Pembangunan Listrik Melalui Pembangunan Pltu Batubara 10.000 Mw," *Maj. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 1, pp. 63–68, 2009.
- [4] T. Koerniawan and A. W. Hasanah, "Kajian Harmonisa Pada Pemakaian Tenaga Listrik Gedung STT-PLN Jakarta," *Kilat*, vol. 8, no. 2, pp. 180–189, 2019, doi: 10.33322/kilat.v8i2.547.
- [5] D. D. Istiawan, R. Syahputra, and K. T. Putra, "Analysis of Steam Power Generators in Fulfilling Electricity Needs: A Case Study at PT Madubaru Yogyakarta, Indonesia," *J.Electr. Technol. UMY*, vol. 1, no. 4, pp. 189–195, 2017, doi: 10.18196/jet.1425.
- [6] W. Sunarlik, "Prinsip Kerja Generator," *Prinsip Kerja Gener. Sink.*, p. 6, 2017.
- [7] Y. Pang and Y. Xu, "Analysis and treatment of harmonic in power network with railway based on ETAP software," *Asia-Pacific Power Energy Eng. Conf. APPEEC*, vol. 2016- Decem, pp. 1424–1429, 2016, doi: 10.1109/APPEEC.2016.7779724.
- [8] U. D. Agung, I. Sains, and T. D. Pardede, "Analisa pengaruh harmonisa pada pengoperasian beban listrik," vol. 9, no. September, pp. 88–97, 2020.
- [9] H. Sugiarto, "Kajian Harmonisa Arus Dan Tegangan Listrik di Gedung Administrasi Politeknik Negeri Pontianak," *Tek. Elektro Politek. Negeri Pontianak*, vol. 8, no. 2, pp. 80–89, 2012.

- [10] U. Indonesia et al., "Peredaman Resonansi Harmonisa Pada Sistem Kelistrikan Industri Menggunakan Filter Hybrid Dengan Konduktansi Variable," *Issn*, vol. 2, no. 1, pp. 181–186, 2015.

## VII. BIODATA PENULIS



Dimas Alfarezy, lahir di Palangkaraya 1 Agustus 2000. Penulis menyelesaikan Sekolah Menengah Atas di SMK PPMI Assalaam. Kemudian pada tahun 2018 penulis melanjutkan studi keperguruan tinggi swasta Institut Teknologi Nasional Malang dengan program studi Teknik Elektro S1 konsentrasi Energi Listrik. Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikannya skripsi yang berjudul "ANALISIS HARMONISA PADA BAGIAN AUXILARY PLTU X ". Alamat email penulis yaitu [alfarezzy@gmail.com](mailto:alfarezzy@gmail.com).