

**ANALISIS DISTORSI HARMONISA AKIBAT PENGGUNAAN BEBAN NON
LINIER DAN STUDI PERANCANGAN FILTER PASIF HARMONISA DI PT.
BUMI SUKSESINDO MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh :

RAMADHAN ARDIANSYAH

D 400 180 041

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS DISTORSI HARMONISA AKIBAT PENGGUNAAN BEBAN NON
LINIER DAN STUDI PERANCANGAN FILTER PASIF HARMONISA DI PT.
BUMI SUKSESINDO MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

RAMADHAN ARDIANSYAH

D 400 180 041

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing



UMAR, S.T., M.T.

NIK. 731

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS DISTORSI HARMONISA AKIBAT PENGGUNAAN BEBAN NON
LINIER DAN STUDI PERANCANGAN FILTER PASIF HARMONISA DI PT.
BUMI SUKSESINDO MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6**

OLEH

RAMADHAN ARDIANSYAH

D 400 180 041

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Jurusan Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari ~~Revisi~~, ~~3. Agustus~~, 2022
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji

1. Dosen Pembimbing

(Umar, S.T., M.T)

2. Dosen Penguji

(Tindyo Prasetyo, S.T., M.T)

3. Dosen Penguji

(Aris Budiman, S.T., M.T)



Dekan,



Edi Fathoni, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIK. 892

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 28 Juni 2022

Penulis



RAMADHAN ARDIANSYAH

D 400 180 04

ANALISIS DISTORSI HARMONISA AKIBAT PENGGUNAAN BEBAN NON LINIER DAN STUDI PERANCANGAN FILTER PASIF HARMONISA DI PT. BUMI SUKSESINDO MENGGUNAKAN SOFTWARE ETAP 12.6

Abstrak

Harmonisa pada listrik merupakan distorsi pada sebuah instalasi listrik atau suatu gangguan yang ada pada distribusi listrik. Gelombang real adalah gelombang hasil penggabungan dari gelombang ideal dan gelombang harmonisa. Gelombang yang hanya memiliki satu frekuensi dasar saja adalah ciri dari gelombang tegangan dan arus ideal yang tidak mengandung harmonisa. Buruknya *power quality* pada *utility* atau pada sistem tenaga listrik di industri dapat disebabkan oleh penggunaan beban non-linier, bentuk gelombang tegangan dan arus listrik menjadi tidak sama. Penelitian yang dilakukan adalah analisis distorsi harmonisa pada sistem distribusi di *site* PT. Bumi Suksesindo serta perancangan filter pasif harmonisa untuk memperbaiki harmonisa suatu sistem agar sesuai dengan standar IEEE 519. Penelitian dimulai dengan mengamati dan mengambil data yang dibutuhkan di PT. Bumi Suksesindo. Penelitian dilanjutkan dengan membuat model sistem pada software ETAP 12.6. Model disimulasikan dengan analisis harmonisa, yang hasilnya perlu diamati dan dianalisa. Hasilnya adalah sistem mengalami distorsi harmonisa dengan nilai THD_v sebesar 8,81% dan THD_i sebesar 6,37%. Merancang filter harmonisa untuk memperbaiki bagian yang tidak sesuai. Pemasangan filter dapat menurunkan nilai harmonisa pada bus HLP MCC. Bus ini mengalami penurunan THD_v sebesar 8,23% dari nilai sebesar 8,81% turun menjadi 0,58%, sedangkan pada nilai THD_i mengalami penurunan sebesar 0,97% dari yang bernilai 6,37% turun menjadi 5,4%.

Kata Kunci : distorsi harmonisa, filter pasif, beban non linier, etap 12.6

Abstracts

Harmonics in electricity are distortions in an electrical installation or a disturbance in the distribution of electricity. Real waves are the combination of ideal waves and harmonic waves. Waves that have only one fundamental frequency are characteristic of ideal voltage and current waves that do not contain harmonics. Poor power quality in utilities or in industrial electric power systems can be caused by non-linear loads, the waveforms of voltage and current being different. The research conducted is the analysis of harmonic distortion in the distribution system at the PT site. Bumi Suksesindo and the design of passive harmonic filters to improve the harmonics of a system to comply with the IEEE 519 standard. The research began by observing and taking the data needed at PT. Bumi Suksesindo. The research was continued by making a system model in ETAP 12.6 software. The model is simulated by harmonic analysis, the results of which need to be observed and analyzed. The result is that the system has harmonic distortion with a THD_v value of 8,81% and a THD_i of 6.37%. Designing harmonic filters to correct non-conforming parts. Installing a filter can reduce the value of the harmonics on the MCC HLP bus. This bus experienced a decrease in THD_v of 8,23% from the value of 8,81% to 0.58%, while the THD_i value decreased by 0,97% from the value of 6.37% to 5.4%.

Keywords : harmonic distortion, passive filter, non-linear load, etap 12.6

1. PENDAHULUAN

Pemakaian energi yang besar merupakan salah satu ciri kehidupan modern. Beraneka ragam dan banyaknya peralatan listrik yang digunakan menyebabkan semakin besar penggunaan beban listriknya, yang besarnya dapat ditentukan dengan Reaktansi (R), Induktansi (L), dan Kapasitansi (C). Beban listrik non linier yang diaktifkan dapat menyebabkan timbulnya suatu harmonisa pada beban maupun sumber, yang dapat mengakibatkan gelombang tegangan dan arus yang seharusnya merupakan gelombang sinusoidal murni berubah menjadi cacat akibat distorsi harmonisa yang terjadi.

Gangguan yang terjadi pada sistem distribusi tenaga listrik karena distorsi bentuk gelombang tegangan dan arus disebut harmonisa. Distorsi bentuk gelombang tegangan dan arus disebabkan oleh terbentuknya gelombang dengan kelipatan bilangan bulat frekuensi dari frekuensi dasar (Aini et al., 2018).

Hal tersebut dapat mengganggu sistem listrik pada frekuensi fundamentalnya yaitu 50/60 Hz, sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan akan menjadi cacat yang seharusnya idealnya adalah gelombang berbentuk sinusoidal murni. Meningkatnya beban non-linier pada sistem tenaga listrik, menjadikan distorsi harmonisa menjadi masalah yang serius isu dalam beberapa tahun terakhir (Kusumalatha et al., 2012).

Suplai daya dioda (kapasitor) yang ditemui pada komputer adalah contoh umum beban satu fase yang non linier. Tegangan ac yang masuk diserahkan oleh dioda dan kemudian digunakan untuk merubah kapasitor filter besar yang menarik pulsa arus hanya selama puncak gelombang. Selama istirahatnya gelombang yaitu ketika tegangan di bawah tegangan sisa kapasitor, kapasitor tidak menarik arus. Proses ini terjadi berulang-ulang.

Secara umum, *Total Demand Distortion (TDD)* dan *Total Harmonic Distortion (THD)* merupakan dua indeks penting yang dibutuhkan untuk mengukur besarnya distorsi harmonisa pada sistem tenaga listrik, yang merupakan nilai efektif arus dan tegangan harmonisa. (Fatkhurrohman, 2015)

Mencari THD tegangan dan THD arus dapat menggunakan persamaan :

$$\text{THD}_V = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots + V_n^2}}{V_1} \quad \text{THD}_I = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots + I_n^2}}{I_1}$$

Setiap negara memiliki standar yang berbeda-beda mengenai besarnya THD maksimum yang diijinkan dan digunakan. IEEE 519-1992 merupakan standar untuk THD yang paling sering dipakai dalam sistem tenaga listrik (Wijanarko & Penangsang, 2015)

Arus sistem menjadi sangat terdistorsi dengan persentase kandungan THD (Total Harmonic Distortion) yang sangat tinggi dapat disebabkan oleh banyaknya beban non-linier yang dioperasikan (Utomo et al., 2021).

Mencegah kerugian-kerugian diatas serta untuk meningkatkan kualitas sistem tenaga listrik atau untuk mengoptimalkan pemakaian energi listrik maka distorsi harmonisa harus ditekan sekecil mungkin. Harmonisa perlu dikurangi, untuk solusi yang berbeda tersedia seperti menambahkan reaktor saluran, filter harmonik pasif, tetapi filter daya aktif paling disukai untuk reduksi harmonik yang efektif (Kusumalatha et al., 2012).

Mengurangi distorsi harmonik, penyaringan pasif adalah resolusi tradisional yang paling sederhana. Cara kerja filter harmonik pasif adalah sebuah filter yang dihubungkan secara paralel dengan beban dan dirangkai secara seri dengan induktansi dan kapasitansi merupakan penerima arus. Frekuensi harmonik harus dikurangi agar sama dengan frekuensi resonansi rangkaian. Impedansi jaringan dan impedansi rendah dari filter sehingga menghilangkan arus harmonisa (Mhawi et al., 2015).

Filter pasif bisa dibedakan menjadi empat bagian berdasarkan karakteristiknya yaitu: *band-pass*, *high-pass*, *lowpass*, serta *tuned filter*. Komponen R, L, dan C merupakan kombinasi filter pasif yang digunakan untuk mereduksi kandungan harmonik pada sistem (Sunanda & Rahman, 2012).

Demi menekan sekecil mungkin penyebaran arus harmonisa di suatu sistem tenaga listrik, penambahan filter harmonisa dapat dilakukan (Merta et al., 2017).

2. METODE

2.1 Metode Penelitian

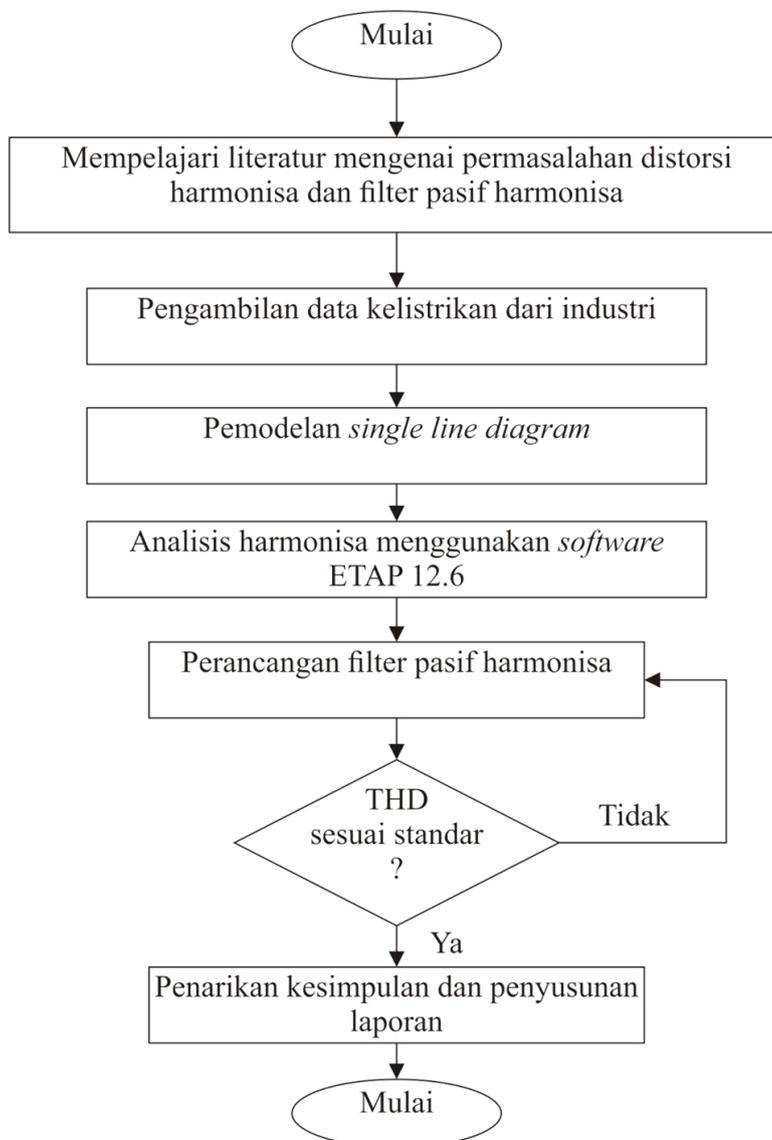
Sebuah penelitian yang dilakukan oleh peneliti demi mendapatkan suatu data yang diinginkan, dengan melakukan penelitian di tempat/perusahaan. Penelitian ini menggunakan data yang diambil di PT. Bumi Suksesindo *Copper & Steel* Banyuwangi. Data yang digunakan merupakan *single line diagram* sistem distribusi dan beberapa parameter di *Heapleach Area* 20 KV PT. Bumi Suksesindo.

Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software* ETAP 12.6 dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Membuat model *single line diagram* sistem kelistrikan dan memasukkan parameter yang dibutuhkan dengan menggunakan data yang diperoleh dari PT. Bumi Suksesindo.

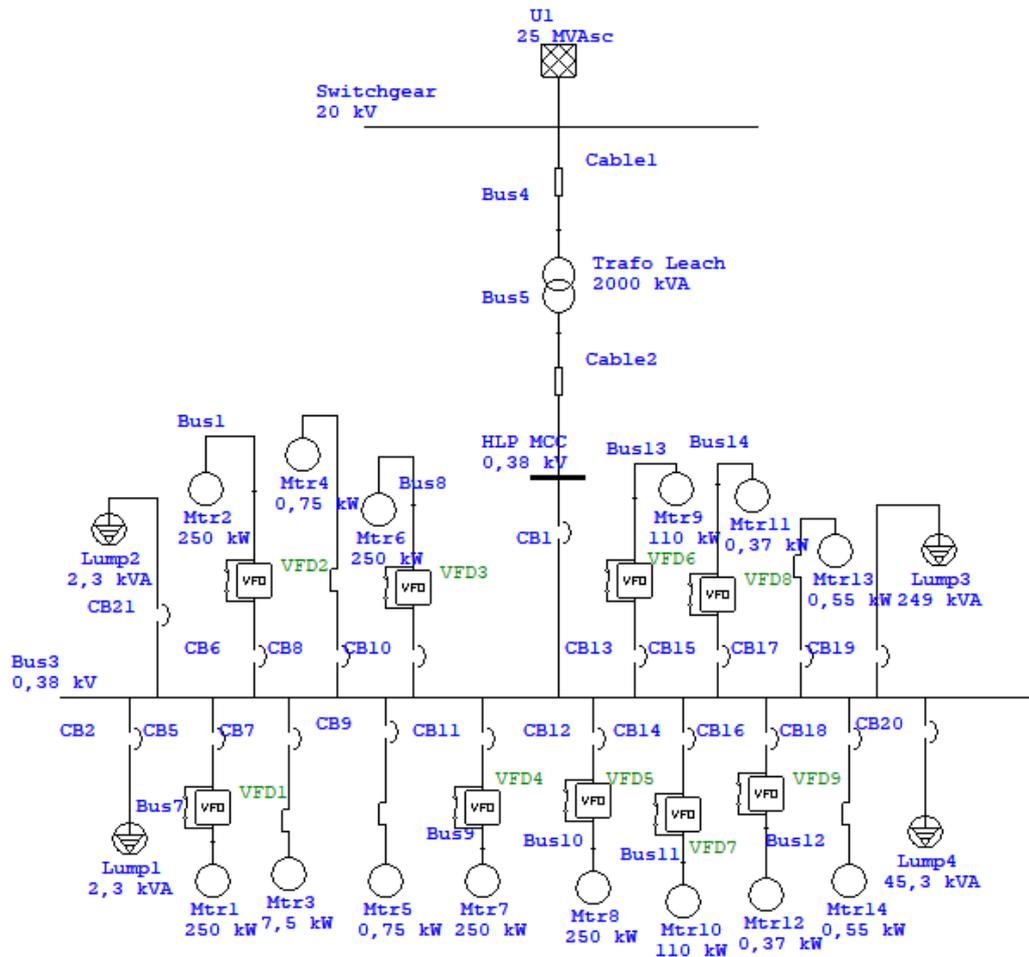
2. Melakukan simulasi dan analisis harmonisa untuk menentukan besar gangguan distorsi harmonisa yang disebabkan oleh beban non linier.
3. Melakukan perhitungan dan perancangan filter pasif harmonisa untuk mengatasi gangguan distorsi harmonisa yang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan.
4. Menganalisis hasil simulasi sistem sebelum dengan sesudah pemasangan filter pasif harmonisa dari data keluaran yang didapatkan.

2.2 Flowchart Penelitian



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sistem Kelistrikan *Heapleach Area* PT. Bumi Suksesindo



Gambar 1. Single Line Sistem Kelistrikan *Heapleach Area* PT. Bumi Suksesindo

Terdapat sebuah perusahaan tambang emas di daerah Banyuwangi yang bernama PT. Bumi Suksesindo, tepatnya di Desa Sumberagung, Kecamatan Pesanggaran, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur. Perusahaan ini memiliki kegiatan yang fokusnya adalah bisnis produksi tembaga dan emas di Tujuh Bukit Operation atau yang lebih dikenal dengan sebutan Tumpang Pitu. Luas dari PT. Bumi Suksesindo ini sekitar 4998 ha. Penelitian ini dilakukan pada area *Heapleach*, yang merupakan tempat penglarutan bijih emas yang dilakukan secara berulang-ulang dalam larutan natrium yang memisahkan dan menyerap mineral tertentu setelah pembagiannya dari bahan-bahan bumi lainnya.

Sistem kelistrikan *Heapleach Area* PT. Bumi Suksesindo mendapat suplai dari gardu PLN, yang selanjutnya salurkan ke gardu milik BSI yang berjarak 20 meter dari gardu PLN. Sumber dari gardu BSI tersebut yang memberi suplai daya di *Heapleach Area* yang didalamnya terdapat *Switch gear*. *Switch Gear* tersebut menyalurkan daya ke tiga trafo, salah satunya adalah Trafo *LEACH* 2000 kVA yang mensuplai beban-beban dari peralatan dan mesin-mesin industri.

Bus MMC HLP memiliki beban non linier yang berupa VFD (*Variable Frequency Drive*). Kecepatan motor listrik (AC) dapat dikendalikan dengan VFD yang merupakan suatu alat yang penggunaannya adalah sebagai pengontrol frekuensi daya listrik yang masuk ke motor. Total beban VFD yang aktif adalah sebesar 2265,1 kW. Berikut adalah besaran dari VFD yang digunakan di sistem MMC HLP.

Tabel 1. Beban Non-linier VFD

ID	VFD1	VFD2	VFD3	VFD4	VFD5	VFD6	VFD7	VFD8	VFD9	Total
Beban (kW)	400	400	400	400	400	132	132	0,55	0,55	2265,1

3.2 Standard Harmonisa pada Sistem Tenaga Listrik

Menurut IEEE 519-2014, Tegangan sistem yang dipakai digunakan untuk mengetahui standar harmonisa tegangan, tabel dibawah menunjukkan tegangan sistem dan batas harmonisa yang (IEEE, 2014).

Tabel 2. Batas Distorsi Tegangan

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

Sistem tenaga listrik di area ini menggunakan tegangan sistem sebesar 20 kV atau lebih besar dari 1 kV dan lebih kecil dari 69 kV maka menurut acuan IEEE 519-2014, THDv yang digunakan sebesar 5 %.

Perbandingan I_{sc}/I_L digunakan untuk mentukan standar harmonis arus. I_{sc} merupakan arus hubung singkat dan I_L merupakan arus beban maksimum.

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

Rasio hubung singkat (SC_{Ratio}) dibutuhkan untuk menentukan batas distorsi arus atau THDi, dengan perhitungan dibawah ini.

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

I_{sc} = Arus hubung singkat (A)

Z = Impedansi (%)

Perlu diketahui terlebih dahulu data rating transformator yang digunakan. Berikut merupakan data rating transformator.

- Kapasitas Transformator (kVA) = 2000 kVA
- Tegangan Sekunder (kV) = 400 V = 0,4 kV
- Impendansi (%) = 7 %

Nilai-nilai diatas kemudian dimasukkan ke dalam persamaan sebelumnya, hasilnya adalah sebagai berikut.

$$I_{sc} = \frac{kVA \times 100}{\sqrt{3} \times kV \times Z(\%)} = \frac{2000 \times 100}{\sqrt{3} \times 0,4 \times 7} = \frac{200000}{4,85} = 41.237,11 \text{ A}$$

Jadi nilai I_{sc} yaitu sebesar 41.237,11 *Ampere*.

Menghitung arus beban maksimum diperlukan total daya aktif sistem, power factor, serta tegangan sekunder dari transofmator yang digunakan, dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$IL = \frac{kW}{PF \times \sqrt{3} \times kV} \quad (2)$$

IL = Arus beban maksimum (A)

PF = *Power Factor*

Daya aktif sistem sebesar 2265,1 kW, power factor sebesar 0,88, serta tegangan sekunder dari transformator sebesar 0,4 kV. Nilai tersebut dimasukkan kedalam rumus sebelumnya, sehingga menjadi.

$$IL = \frac{2265,1}{0,88 \times \sqrt{3} \times 0,4} = \frac{2265,1}{0,88 \times \sqrt{3} \times 0,4} = \frac{2265,1}{0,609} = 3719,37 \text{ A}$$

Jadi nilai IL yaitu sebesar 3719,37 *Ampere*.

Nilai arus hubung singkat (I_{sc}) dan nilai arus beban maksimum (I_L) telah diketahui, maka rasio hubung singkat (SCR_{Ratio}) dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$SCR_{Ratio} = \frac{I_{sc}}{I_L} \quad (3)$$

SCR_{Ratio} = Rasio hubung singkat (A)

I_{sc} = Arus hubung singkat

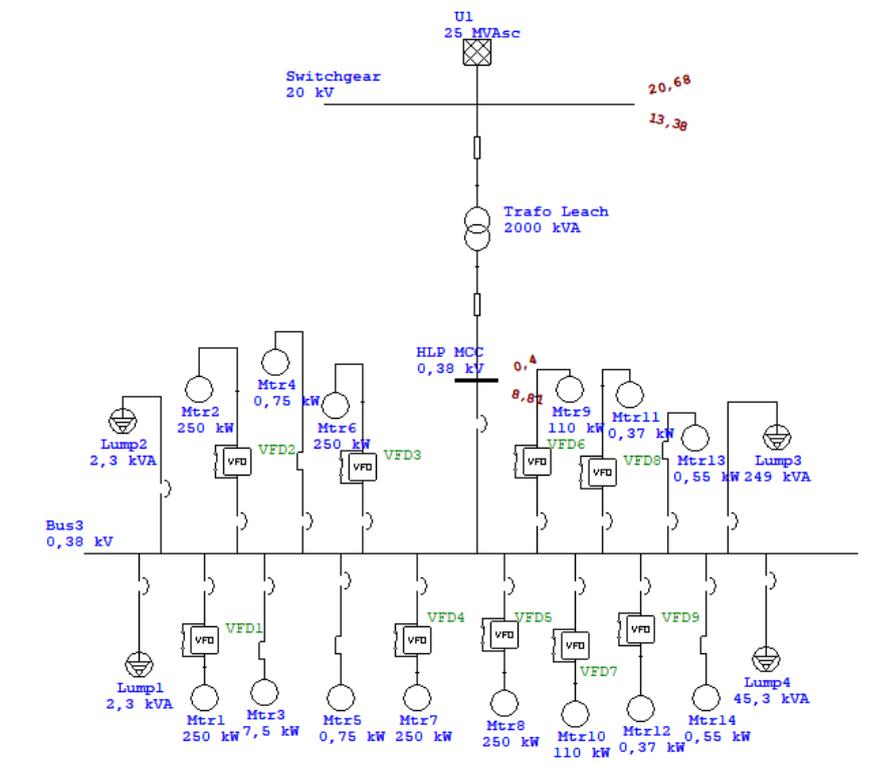
I_L = Arus beban maksimum

Nilai arus hubung singkat (I_{sc}) yang didapatkan adalah sebesar 41.237,11 A, sedangkan nilai arus beban maksimum (I_L) sebesar 2855,58 A.

$$SCR_{Ratio} = \frac{I_{sc}}{I_L} = \frac{41.237,11}{3719,37} = 11,08$$

Jadi nilai SCR_{Ratio} yaitu sebesar 11,08. Nilai rasio hubung singkat dibawah 20 A, sehingga menurut standar IEEE 519-2014, THDi yang digunakan adalah 5 %.

3.3 Simulasi Analisis Harmonisa



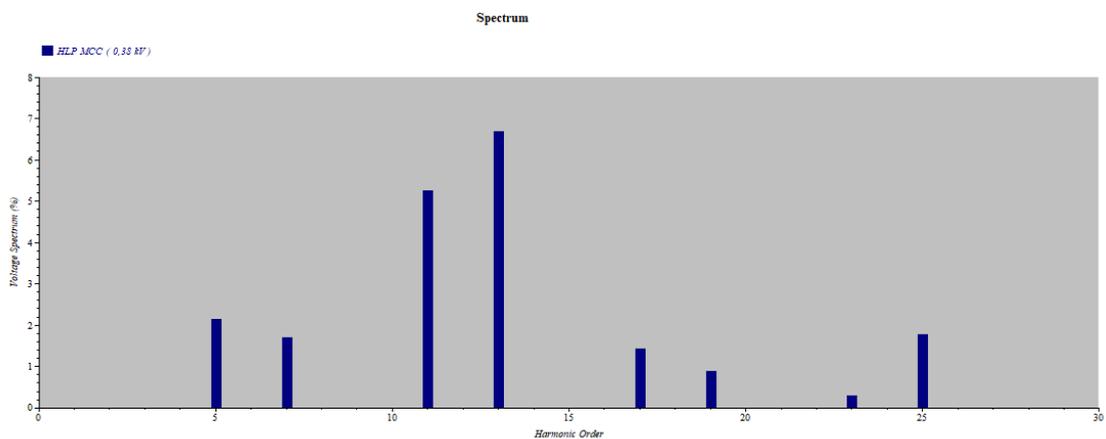
Gambar 2. Hasil simulasi harmonisa Sistem Kelistrikan Area *Heapleach* PT. Bumi Suksesindo sebelum diberi filter

Tabel 4. Hasil simulasi THD Sistem Kelistrikan Area *Heapleach* PT. Bumi Suksesindo sebelum diberi filter

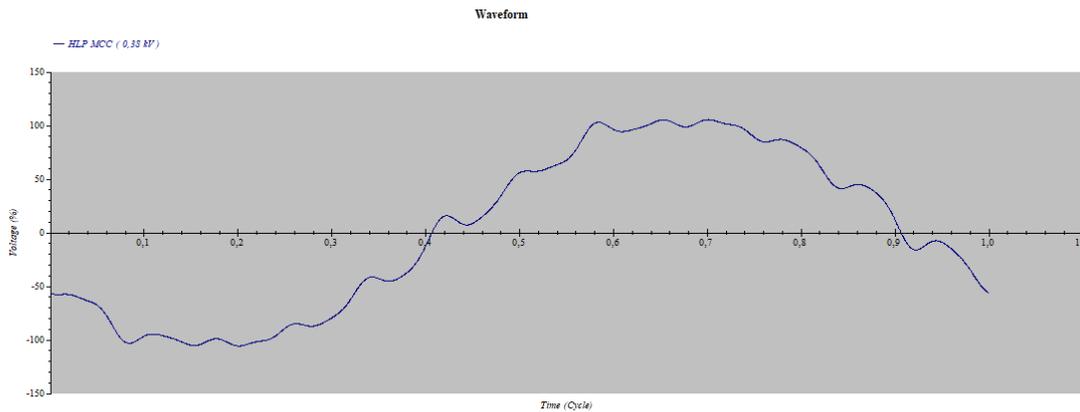
Bus ID	Kandungan THDv (%)		Keterangan
	Hasil Simulasi Menggunakan Software ETAP 12.6	Standar IEEE 519-2014	
HLP MCC	8,81	5	Tidak memenuhi
Bus ID	Kandungan THDi (%)		Keterangan
	Hasil Simulasi Menggunakan Software ETAP 12.6	Standar IEEE 519-2014	
HLP MCC	6,37	5	Tidak memenuhi

Tabel 4 merupakan perbandingan antara THDv dan THDi hasil running simulasi dengan THDv dan THDi menurut standar IEEE 519-2014, dinyatakan bahwa pada bus HLP MCC kandungan THDv belum memenuhi standar. Nilai THDv adalah 8,81%. Nilai THDi hasil simulasi tidak memenuhi standar IEEE 519-2014. Nilai THDi adalah 6,37%.

Gambar 3 dan 4 menampilkan hasil running simulasi bentuk gelombang dan spectrum harmonisa pada bus HLP MCC sebelum dipasang filter.



Gambar 3. Spektrum Harmonisa



Gambar 4. Gelombang Harmonisa

Dilihat pada gambar 3 dan gambar 4 bahwa beban non-linier mengakibatkan terlihat adanya distorsi atau cacat pada bentuk pada sistem kelistrikan tersebut.

3.4 Perancangan Filter Harmonisa

Peredaman distorsi harmonisa yang diakibatkan beban *non-linier* dapat dilakukan dengan pemasangan filter pasif jenis *single tuned*. Pemasangan filter ini juga dapat memperbaiki nilai faktor daya, karena didalam filter terdapat komponen kapasitor. Filter ini dirangkai dengan menggunakan rangkaian RLC.

Perhitungan akan dilakukan terhadap orde 13, karena pada orde tersebut terdapat distorsi yang paling besar. Perhitungan dapat dilihat sebagai berikut.

1. Menentukan nilai perbaikan faktor daya.

$$Q_C = P(\tan\phi_{awal} - \tan\phi_{akhir}) \quad (4)$$

Dengan :

Q_C = Perbaikan factor daya (kVAR)

P = Daya nyata (kW)

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

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

$$Q_C = 2265,1(\tan 0,88 - \tan 0,98)$$

$$Q_C = 2265,1(\tan 28,35^\circ - \tan 11,47^\circ)$$

$$Q_C = 2265,1(0,3367)$$

$$Q_C = 762,65 \text{ kVAR}$$

2. Menentukan nilai X_c

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \quad (5)$$

Dengan :

X_c = Reaktansi kapasitif (Ω)

V = Tegangan pada saluran (kV)

Q_c = Perbaikan factor daya (kVAR)

$$X_c = \frac{0,38^2}{762,65} = 0,19 \Omega$$

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

$$C = \frac{1}{2\pi f \cdot X_c} \quad (6)$$

Dengan :

C = Nilai kapasitor (F)

X_c = Reaktansi kapasitif (Ω)

f = Frekuensi fundamental (50 Hz)

$$C = \frac{1}{2\pi f \cdot X_c} = \frac{1}{2 \times 3,14 \times 50 \times 0,19} = 0,0167 F = 16700 \mu F$$

4. Menentukan nilai induktor dan impedansi induktor

$$L = \frac{1}{(C)(2\pi f \cdot n)^2} \quad (7)$$

L = Nilai inductor (H)

C = Nilai kapasitor (F)

f = Frekuensi fundamental (50 Hz)

n = Nilai ordo harmonisa yang akan dieliminasi

X_L = Reaktansi induktif (Ω)

$$L = \frac{1}{(C)(2\pi f \cdot n)^2} = \frac{1}{(0,0167)(2 \times 3,14 \times 50 \times 13)^2} = 0,0000036 \text{ H}$$

$$X_L = 2\pi f L \quad (8)$$

$$X_L = 2 \times 3,14 \times 50 \times 0,0000036 = 0,00113 \Omega$$

5. Menentukan nilai resistor

$$R = \frac{n \cdot X_L}{Q} \quad (9)$$

R = Nilai resistor (Ω)

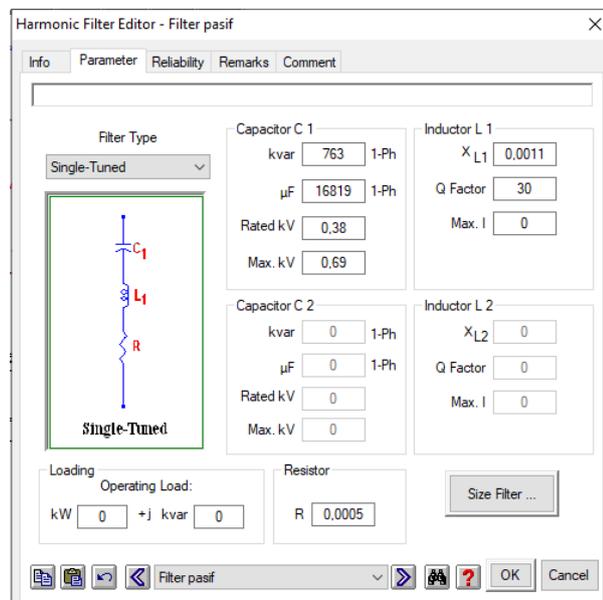
X_L = Reaktansi induktif (Ω)

n = Nilai ordo harmonisa yang akan dieliminasi

Q = Ukuran ketajaman filter

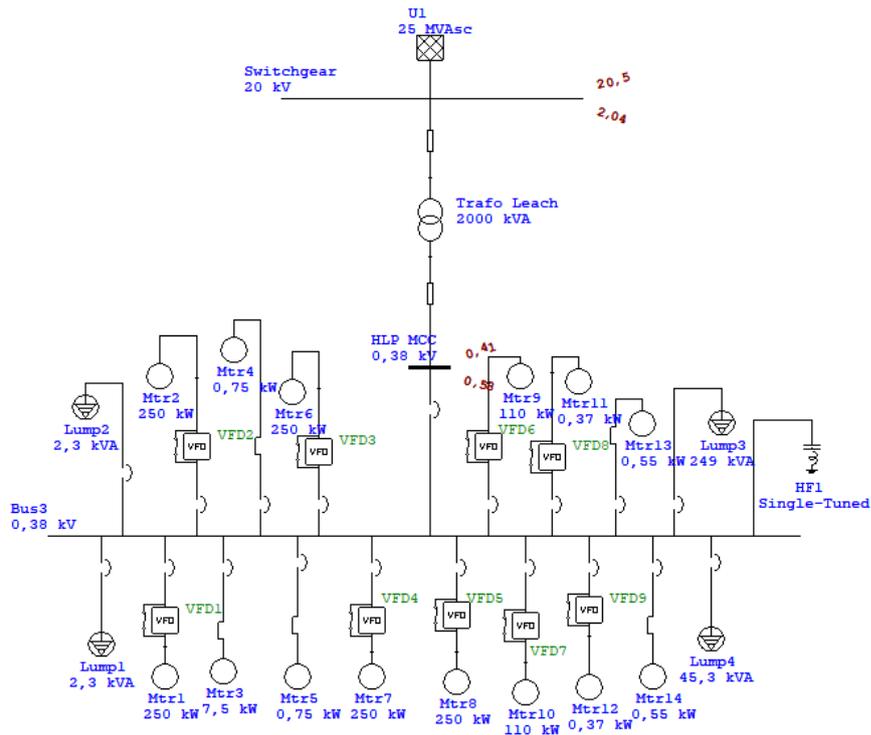
$$R = \frac{n \cdot X_L}{Q} = \frac{13 \times 0,00113}{30} = 0,00049 \Omega$$

Berikut merupakan spesifikasi filter yang dipasang pada sistem kelistrikan, sesuai dengan nilai-nilai yang telah terhitung di atas.



Gambar 5. Spesifikasi Filter

3.5 Simulasi Analisis Harmonisa Setelah Pemasangan Filter



Gambar 6. Hasil simulasi harmonisa Sistem Kelistrikan Area *Heapleach* PT. Bumi Suksesindo sesudah diberi filter

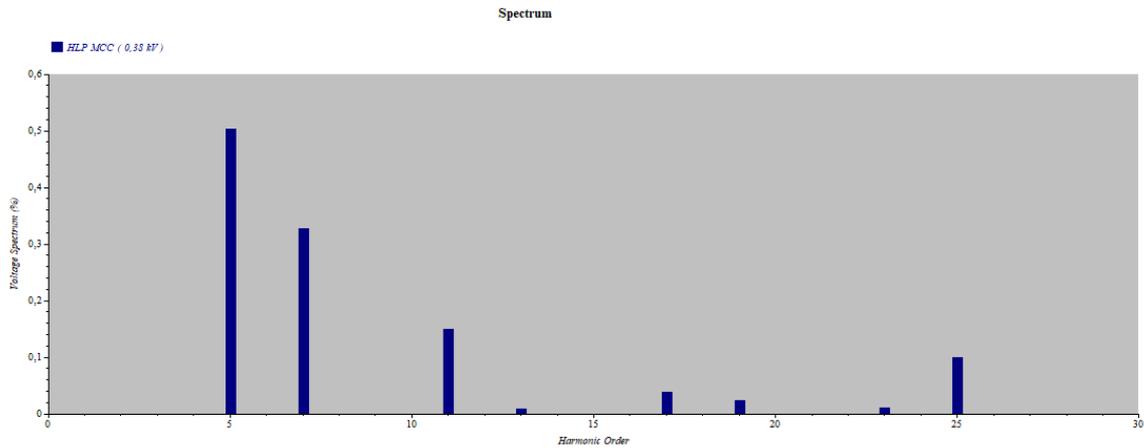
Tabel 5. Hasil running simulasi THD Sistem Kelistrikan Area *Heapleach* PT. Bumi Suksesindo sebelum diberi filter

Bus ID	Kandungan THDv (%)		Keterangan
	Hasil Simulasi Menggunakan Software ETAP 12.6	Standar IEEE 519-2014	
HLP MCC	0,58	5	Memenuhi
Bus ID	Kandungan THDi (%)		Keterangan
	Hasil Simulasi Menggunakan Software ETAP 12.6	Standar IEEE 519-2014	
HLP MCC	5,4	5	Tidak memenuhi

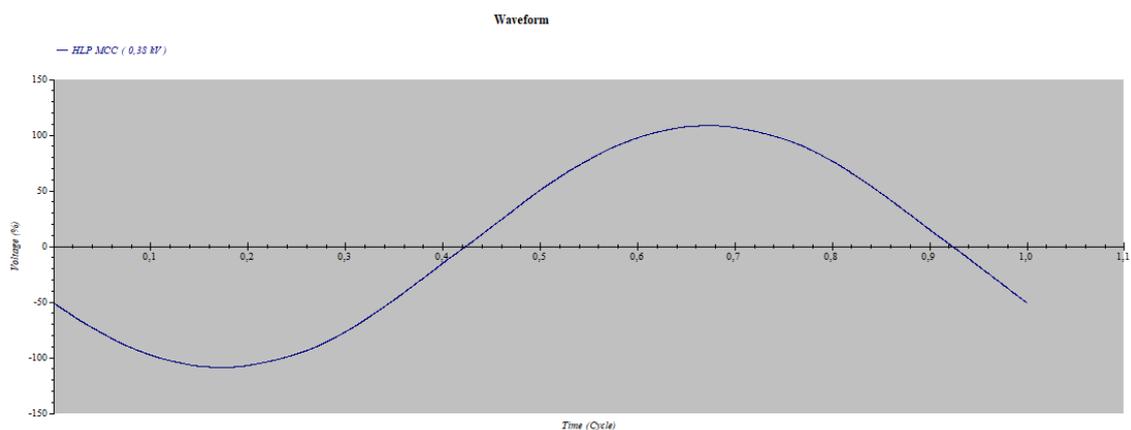
Tabel 5 merupakan perbandingan antara THDv dan THDi hasil running simulasi dengan THDv dan THDi menurut standar IEEE 519-2014, dinyatakan bahwa pada bus HLP MCC kandungan THDv telah memenuhi standar. THDv turun dari 8,81% menjadi 0,58%.

Memperlihatkan juga bahwa hasil simulasi THDi tidak memenuhi ketentuan, tetapi THDi menunjukkan penurunan distorsi dari 6,37% menjadi 5,4%.

Gambar 7 dan 8 menampilkan hasil running simulasi bentuk gelombang serta spektrum harmonisa pada bus HLP MCC setelah pemasangan filter.



Gambar 7. Spektrum Harmonisa



Gambar 8. Gelombang Harmonisa

Terlihat pada gambar gelombang menjadi lebih halus dan rapih tanpa cacat dibandingkan dengan gambar gelombang sebelum dipasang filter.

3.6 Perbandingan Rugi-rugi Daya Sebelum dan Setelah Pemasangan Filter

Tabel 6. Perbandingan rugi-rugi daya sebelum dan setelah pemasangan filter

Tanpa Filter (kW)	Dengan Filter (kW)
11,2	8,6

Simulasi dengan ETAP 12.6 menggunakan dua kondisi, yaitu saat kondisi sistem tanpa filter dan kondisi dengan filter. Hasil yang didapatkan rugi daya sebesar 11,2 kW kondisi simulasi tanpa filter, sedangkan kondisi simulasi dengan filter didapatkan rugi daya sebesar 8,6 kW.

4. PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian beserta data yang diperoleh dan dianalisis, penelitian ini dapat disimpulkan dalam beberapa poin yaitu sebagai berikut :

1. Beban non-linier mempengaruhi ada atau tidaknya distorsi harmonisa, serta besar atau kecilnya distorsi harmonisa di dalam suatu sistem kelistrikan.
2. Hasil simulasi pada Sistem kelistrikan area *Heapleach* di PT. Bumi Suksesindo pada Bus HLP MCC dengan kandungan harmonisa yang belum memenuhi standar, akibat gangguan dari beban non-linier VFD. Bus HLP MCC memiliki THDv sebesar 8,81% dan THDi sebesar 6,37%.
3. Pemasangan filter pasif harmonisa terbukti dapat menurunkan nilai distorsi harmonisa pada Bus HLP MCC. Bus ini mengalami penurunan THDv sebesar 8,23% dari nilai sebesar 8,81% turun menjadi 0,58%, sedangkan pada nilai THDi mengalami penurunan sebesar 0,97% dari yang bernilai 6,37% turun menjadi 5,4%.
4. Turunnya nilai harmonisa juga mempengaruhi rugi-rugi daya sistem, dimana sebelum pemasangan filter, nilai rugi daya sebesar 11,2 kW. Setelah filter dipasang nilai rugi daya turun sebesar 2,6 kW, menjadi sebesar 8,6 kW.

PERSANTUNAN

Penyusunan tugas akhir telah selesai, dengan ini penulis ingin berimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberi nikmat, karunia, serta ridho-Nya, dengan itu penyusunan tugas akhir dapat selesai dengan baik dan tepat waktu.
2. Kedua orang tua yang selalu mendoakan serta memberi *support* dalam kondisi apapun sehingga penulis dapat tetap bersemangat dalam penyelesaian tugas akhir.
3. Bapak Umar, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberikan ilmu dalam rangkaian penyusunan tugas akhir dari awal hingga akhir.
4. Pihak PT. Bumi Sukesindo yang telah mengizinkan pengambilan data penelitian.
5. Bapak dan Ibu dosen Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta yang selama ini telah memberikan ilmu kepada penulis.
6. Rekan-rekan satu angkatan Teknik Elektro 2018 yang telah berteman dengan penulis serta saling memberi semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Z., Ahnur, Z., Setiawan, D., & Fudholi, A. (2018). Analysis of the Effect of an Installation of a Single Tuned Passive Filter on Harmonics and Distribution Transformers. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, 9(3), 1285.
<https://doi.org/10.11591/ijpeds.v9.i3.pp1285-1294>
- Fatkhurrohman, M. (2015). *Desain Filter Pasif Harmonisa Pada Sistem Kelistrikan Cpa Petrochina Tuban*.

- IEEE. (2014). IEEE Std 519-2014 (Revision of IEEE Std 519-1992), IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. *IEEE Std 519-2014 (Revision of IEEE Std 519-1992)*, 2014, 1–29.
<http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=6826457>
- Kusumalatha, Y., Saibabu, C., & Obulesu, Y. P. (2012). Minimization of harmonic distortion of industrial motor drives with active power filter in paper mill - A case study. *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2196, 1069–1074.
- Merta, W. A., Janardana, I. G. N., & Wijaya, I. W. A. (2017). Analisis Pemasangan Filter Pasif Untuk Menanggulangi Distorsi Harmonisa Terhadap Beban Non Linier Di Pt. Wisesa Group. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(2), 88. <https://doi.org/10.24843/mite.2017.v16i02p16>
- Mhawi, E., Daniyal, H., & Sulaiman, M. H. (2015). Advanced techniques in harmonic suppression via active power filter: A review. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 6(2), 185–195. <https://doi.org/10.11591/ijped.v6.i2.pp185-195>
- Sunanda, W., & Rahman, Y. A. (2012). *Aplikasi Filter Pasif Sebagai Pereduksi*. 2(1), 136–142.
- Utomo, H. B., Sunarto, & Nurmuhaemin. (2021). *Filter Pasif untuk Mengurangi Harmonisa Arus pada Transformator Distribusi Menggunakan Perangkat lunak ETAP 12.6.0*. 4–5.
- Wijanarko, R. S., & Penangsang, O. (2015). Penentuan Peralatan Untuk Meredam Harmonisa Berdasarkan Jenis Sumber Harmonisa, Orde dan Magnitude Harmonisa dengan Memperhitungkan Biaya Investasi. *Issn*, 2(1), 57–64.