

Analisa Harmonisa Akibat Pengaruh Penggunaan *Converter* pada Kereta Rel Listrik 1x25 kV Yogyakarta-Solo

M. Reza Fauzan¹, Yul Martin², Abdul Haris³

Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

¹reza.fauzan7997@gmail.com

²yul.martin16@gmail.com

³abdul.haris@eng.unila.ac.id

Intisari — Sebagai alat transportasi yang dapat menampung penumpang lebih banyak, Kereta Rel Listrik (KRL) harus memiliki sistem kerja yang baik guna menunjang kebutuhan akan sarana transportasi massal di Indonesia. Namun, akibat penggunaan beban non linier pada sistem kerja Kereta Rel Listrik dapat menimbulkan masalah dalam sistem yaitu menyebabkan harmonisa yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas daya pada sistem. Salah satu contohnya adalah *converter* yang terdapat pada sistem Kereta Rel Listrik Yogyakarta- Solo.yang dapat menghasilkan distorsi harmonisa sehingga peralatan dapat menjadi lebih panas bahkan dapat mengalami kerusakan. Oleh karena itu untuk mengetahui besarnya nilai harmonisa pada sistem tersebut diperlukan analisa serta merancang suatu alat guna mengatasi permasalahan harmonisa tersebut. Untuk mengatasi masalah harmonisa yang terjadi pada sistem dipasang peralatan berupa filter pasif jenis *singel tuned filter*.Pemasangan filter pasif ini dipasang pada bus *converter*, transformator serta bus beban motor untuk mereduksi harmonik orde 5. Hasil simulasi menunjukkan pemasangan *singel tuned filter* dapat menurunkan nilai arus maupun tegangan harmonisa Setelah dipasang filter, arus bus converter naik 0,03%, dan tegangan turun sebesar 8%, bus transformator arus turun 0,3%, serta tegangan turun 44,71% dan arus bus beban motor turun 19,85% sedangkan tegangan turun 43,91%.

Kata kunci— *Distorsi Harmonisa, Converter, singel tuned filter*

Abstract — As a means of transportation that can accommodate more passengers, Electrical Railway (KRL) needs to have a good working system to support the need for mass transportation in Indonesia. However, due to the use of non-linear load on Electrical Railway systems work can cause problems in the system that is causing the harmonics that can lead to decreased quality of power on the system. One example is contained in the converter Electrical Railway system Yogyakarta-Solo. can produce harmonic distortion that equipment can be more heat can even be damaged. Therefore, to determine the value of harmonics in the system is required analysis and design a tool to overcome the problems of the harmonics. To overcome the problem of harmonics that occur on the system is installed the equipment in the form of a passive filter tuned filter. Single type of passive filter is installed in the bus load converters, transformers and motors to reduce the harmonic order of 5. The simulation results show the installation of the single tuned filter can reduce the value of current and voltage Once installed filter harmonics, the current on bus of converter up 0.03%, and a voltage down 8%, a bus of the transformer,the current down 0.3%, and 44.71% of voltage down and the current on bus load of the motor down 19.85% while voltage down 43.91%.

Keywords— *Harmonic distortion, Converter, singel tuned filter*

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini pertumbuhan penduduk yang semakin meningkat menyebabkan tingginya kebutuhan akan sarana transportasi dalam

menunjang kegiatan sehari-hari. Tingginya kebutuhan sarana transportasi harus ditunjangi dengan sarana transportasi yang baik pula seperti ketersediaan alat transportasi yang cukup dan ketersediaan sumber daya alam yang

memadai sebagai bahan bakar alat transportasi tersebut. Keberadaan alat transportasi pada saat ini masih banyak menggunakan sumber daya alam berupa bahan bakar fosil (BBM) yang semakin hari persediaanya semakin menipis serta harganya yang semakin meningkat. Untuk itu, diperlukan bahan bakar alternatif yang dapat diterapkan pada sarana transportasi tersebut seperti bahan bakar energi listrik.

Dalam dunia transportasi Kereta Api Listrik (KRL) sudah marak dipakai di negara-negara maju sebagai sarana transportasi utama. Hal ini sudah diterapkan di Indonesia namun masih terbatas pada jalur lintas Jabodetabek. Sehingga transportasi Kereta Api Listrik (KRL) ini akan diterapkan juga pada jalur lintas Yogyakarta – Solo. Pada saat ini jalur lintas Yogyakarta – Solo masih menggunakan Kereta Api Diesel (KRD) yang menggunakan bahan bakar solar.

Dalam mewujudkan Kereta Api Listrik (KRL) ini diperlukan studi dalam berbagai aspek seperti aspek ekonomi, teknis dan sosial. Dalam tugas akhir ini difokuskan dalam studi teknis dimana studi teknis ini yaitu menganalisa fenomena harmonisa yang terjadi akibat penggunaan beban-beban non linier yang dipakai pada peralatan penunjang Kereta Api Listrik (KRL). Salah satu beban non linier yang terdapat pada peralatan penunjang Kereta Rel Listrik (KRL) yang dapat menimbulkan harmonisa adalah *Converter*.

Harmonisa pada suatu sistem telah memiliki standar baik internasional maupun standar nasional sehingga untuk mengetahui apakah sistem KRL ini telah memenuhi standar maka diperlukan simulasi agar dalam rangka pengerjaan dapat memenuhi standar harmonisa. Untuk mensimulasikan sistem gardu induk aliran atas pada KRL ini maka diperlukan pengerjaan menggunakan *software ETAP Power Station* versi 7.5.0

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Keret Rel Litrik (KRL)

Kereta Rel Listrik (KRL) merupakan kereta yang menggunakan tenaga listrik dalam menggerakkan motornya. Pada Kereta Rel Listrik (KRL) dua macam sumber listrik dapat digunakan. Sumber DC yang umum dipakai biasanya 1500 Volt, sedangkan untuk kereta sumber AC hingga 25 kV. Untuk menyalurkan sumber listrik ke kereta yang berjalan digunakan piranti bernama pantograf. Terdapat 2 tipe pantograf yang biasa digunakan pada KRL yaitu *diamond-shaped* dan *single-arm*.

B. Converter

Pada sistem tenaga listrik terdapat empat jenis konversi daya yang berguna menunjang pemanfaatan energi. Konversi daya tersebut adalah sebagai berikut :

1) Penyearah (*Rectifier*)

Merupakan *converter* yang berfungsi merubah tegangan AC menjadi DC.

2) *Cycloconverter*

Merupakan *converter* yang berfungsi merubah tegangan AC menjadi AC dengan mengontrol tegangan AC.

3) *DC Chopper*

Merupakan *converter* yang berfungsi merubah tegangan DC menjadi DC dengan mengubah besaran tegangan DC.

4) *Inverter*

Merupakan *converter* yang berfungsi merubah tegangan DC menjadi AC.

Pada sistem Kereta Rel Litrik (KRL) ini menggunakan *converter* jenis penyearah (*rectifier*) dan *inverter*.

C. Penelitian Terdahulu Mengenai Harmonisa

Penelitian dalam kasus harmonisa yang terjadi pada gardu penyearahan pusat listrik aliran atas PT KAI Commuter Jabodetabek yang ditulis oleh (sabri dkk, 2012) Hasil penelitian menyebabkan penurunan nilai arus

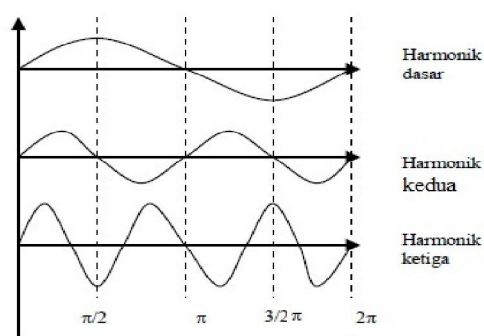
harmonisa total rata-rata yakni untuk penyearah 6 pulsa dari 25,36% menjadi 0,91% dan untuk penyearah 12 pulsa dari 11,64% menjadi 0,43%.

Penelitian untuk peredaman harmonisa dan perbaikan faktor daya pada beban rumah tangga yang dianalisa oleh (Hardi *et al*, 2013) Dari hasil penelitian diperoleh menggunakan filter LCL *Total Harmonic Distortion* (THD) tegangan dari 5,4% berkurang menjadi 1,72% sedangkan THD arus dari 11,2% berkurang menjadi 3,12%.

Penelitian mengenai harmonisa pada beban komersial yaitu pada sistem kelistrikan Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) Sanglah telah dilakukan oleh (suweden *et al*, 2009) dalam makalahnya^[5]. Hasilnya ialah nilai THDv pada lima buah MDP (*Main Distribution Panel*) bervariasi antara 0,46% - 3,77% dan THDi bervariasi antara 4,68%-17,84%. Dengan pengoprasian filter pasif maka nilai THD mengalami penurunan dengan nilai terendah 2,63% hingga nilai 2,97% sehingga nilai THD arus dan THD tegangan telah memenuhi standar IEEE-152-1992.

D. Harmonisa

Harmonisa adalah gejala pembentukan gelombang sinusoidal dengan frekuensi yang merupakan perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya. Bila terjadi superposisi antara gelombang frekuensi dasar dengan gelombang frekuensi harmonisa maka terbentuklah gelombang yang terdistorsi sehingga bentuk gelombang tidak lagi sinusoidal.



Gbr. 1. Uraian Gelombang Terdistorsi menjadi Gelombang Frekuensi Dasar dan Harmonisa.^[6]

E. Dampak Harmonisa

1) Efek Jangka Pendek

- Tegangan harmonik dapat mengganggu peralatan kontrol yang digunakan pada sistem elektronik.
- Harmonik dapat menyebabkan kesalahan pada peralatan pengukuran listrik yang menggunakan prinsip induksi magnetik.
- Harmonik juga dapat mengganggu alat-alat pengaman dalam sistem tenaga listrik seperti *relay*.
- Pada mesin-mesin berputar seperti generator dan motor, torsi mekanik yang diakibatkan oleh arus harmonik dapat menyebabkan getaran dan suara/bising pada mesin-mesin tersebut.
- Bila ada sistem komunikasi yang dekat dengan sistem tenaga listrik maka sistem tersebut dapat terganggu oleh harmonik. Biasanya sistem kontrol dari sistem telekomunikasi yang terganggu oleh harmonik.

2) Efek Jangka Panjang

- Pemanasan kapasitor.
- Pemanasan pada mesin-mesin listrik
- Pemanasan pada Transformator
- Pemanasan pada kabel dan peralatan lainnya.

F. Istilah-Istilah Yang Terdapat Dalam Harmonisa^[7]

1) Komponen Harmonisa

Komponen harmonisa adalah gelombang yang mempunyai frekuensi kelipatan bilangan asli terhadap frekuensi dasar (frekuensi fundamental).

2) Orde Harmonisa

$$n_h = \frac{Fn}{F} \quad (1)$$

n_h : Orde Harmonisa

Fn : Frekuensi ke-n

F : Frekuensi *Fundamental* (50 Hz)

3) Distorsi Harmonisa Individu (IHD)

$$IHD = \frac{IHD_h}{I_1} \quad (2)$$

$IHD = IHD$ orde harmonisa ke-h
(h-2, 3, 4, 5...., h)

IHD_h = Nilai RMS arus atau
tegangan harmonisa ke-h

I_1 = Nilai RMS arus atau tegangan dasar
(*fundamental*)

- 4) Distorsi Harmonisa Total (THD) *Total Harmonic Distortion* (THD) adalah perbandingan antara nilai RMS dari seluruh komponen harmonisa terhadap nilai RMS dari fundamental, biasanya dinyatakan dalam persen (%). Nilai dari THD ini digunakan untuk mengukur besarnya penyimpangan dari bentuk gelombang periodik yang mengandung harmonisa dari gelombang sinusoidal murninya. Untuk gelombang sinusoidal sempurna nilai dari THD adalah bernilai 0%. Untuk mencapai nilai THD untuk tegangan dan arus dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \times 100\% \quad (3)$$

$$I_{THD} = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

V_n : Nilai Tegangan harmonisa (V)

V_1 : Nilai fundamental (V)

I_n : Nilai arus harmonisa (A)

I_1 : Nilai arus fundamental (A)

n : Komponen harmonisa maksimum yang diamati

5) Nilai RMS

Nilai RMS yang dihasilkan oleh gelombang arus/tegangan yang terdistorsi haronisa dapat dinyatakan dengan persamaan berikut, sesuai dengan formulasi pada *Dugan, Roger, C* (2003)^[3]

$$rms = \sqrt{\sum_{h>1}^{hmax} M_H^2} = M_1 x \sqrt{1 + THD^2} \quad (5)$$

M_H = Nilai RMS dari arus atau tegangan ke-h

G. Standarisasi Harmonisa

Keberadaan harmonisa pada kualitas daya sudah ditentukan batas yang diizinkan sesuai dengan standar internasional yaitu IEEE-519-1992 dan IEC 61000.

Tabel 1. Batas THDv sesuai standar IEEE-519-1992^[2]

Tegangan Rel Daya Pada PCC	Distorsi Tegangan Individu (IHDv)	Total Hamonisa Distorsi Tegangan (THDv)
$\leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$> 161 \text{ kV}$	1.0	1.5

Untuk menentukan batas harmonisa arus sesuai standar IEE-519-1992 sesuai nilai *Short Circuit Ratio (SCR)*. Dimana SCR adalah perbandingan antara arus hubung singkat dengan arus beban nominal seperti pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Batas arus harmonisa sesuai standar IEEE 519-1992^[2]

I_{sc}/I_L	Orde Harmonisa (dalam %)					Total Deman Distortion (TDD)
	< 11	11-17	17-23	23-35	>35	
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Dimana :

I_{sc} : arus hubung singkat pada *Point of Common Coupling*

(PCC)(ampere)

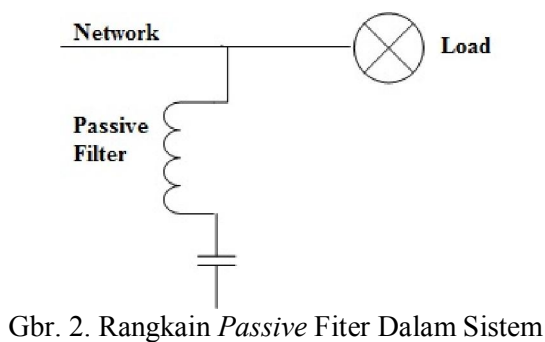
I_L : Arus beban fundamental nominal (ampere)

TDD : *Total Demand Distortion* (%)

H. Filter Pasif

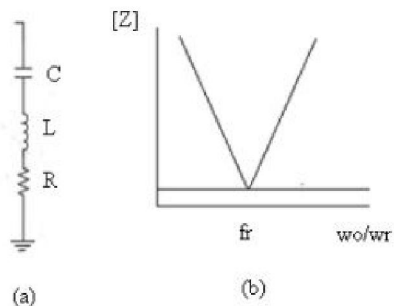
Aplikasi filter pasif merupakan metode penyelesaian yang efektif dan ekonomis untuk masalah harmonisa. Filter pasif sebagian besar didesain untuk memberikan

bagian khusus untuk mengalihkan arus harmonisa yang tidak diinginkan dalam sistem tenaga. Rangkain filter pasif terdiri dari R, L, dan C. Komponen utama yang terdapat pada filter pasif adalah kapasitor dan induktor. Kapasitor dihubungkan seri atau paralel untuk memperoleh sebuah total rating tegangan dan kVAR yang diinginkan. Sedangkan induktor digunakan dalam rangkain filter dirancang mampu menahan selubung frekuensi tinggi yaitu efek kulit (*skin effect*)^[9]



Gbr. 2. Rangkain *Passive Fiter* Dalam Sistem

Tipe filter pasif yang umum digunakan adalah *single tuned filter*. Rangkain filter ini mempunyai impedansi yang rendah.



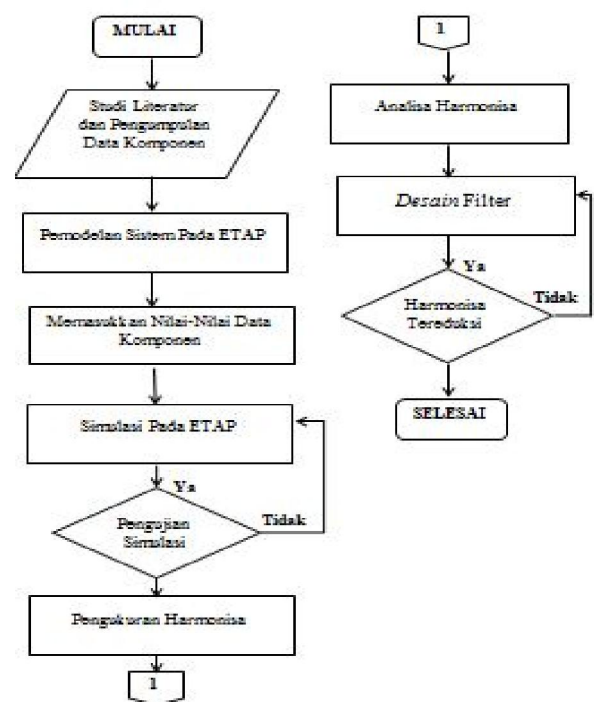
Gbr. 3. (a). Rangkaian *Single Tuned Filter*.
(b). Kurva Impedansi Terhadap Frekuensi

III. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang dipakai pada penelitian ini adalah dengan mensimulasikan single line diagram sistem Keret Rel Listrik(KRL) Yogyakarta-Solo pada program ETAP *Power Station* versi 7.5.0.

Perancangan simulasi dimulai dengan memasukkan komponen-komponen yang

digunakan pada sistem KRL serta memasukkan data parameter pada komponen. Selanjutnya merangkai single line diagram pada program ETAP *Power Station* versi 7.5.0 dan setelah itu menjalankan sistem pada tampilan *harmonic analysis* guna mengetahui besarnya THDv dan THDi pada beban dan sumber. Kemudian merancang penempatan dan besarnya nilai pada komponen filter pasif yang digunakan untuk meredam nilai THDv dan THDi agar dapat memenuhi standar IEEE-519-1992. Untuk lebih jelas, dapat melihat langkah-langkah penelitian sebagai berikut :

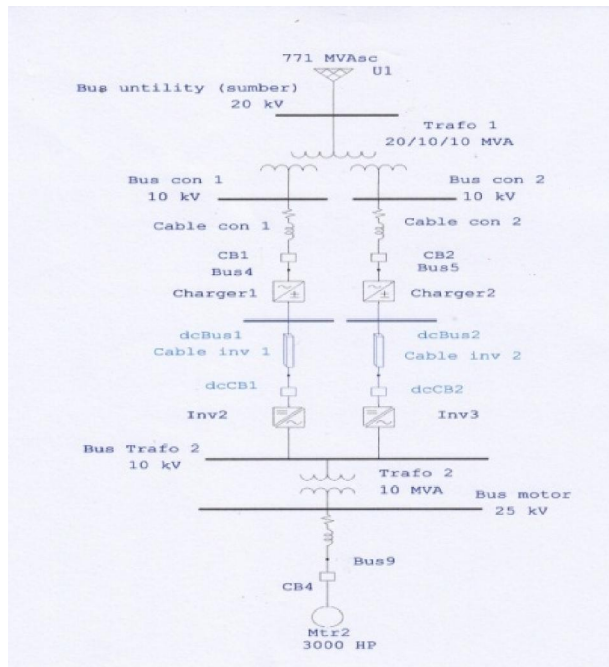


Gbr. 4. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Harmonisa Pada Sistem Kereta Rel Listrik (KRL)

Harmonisa yang dianalisa pada penelitian ini adalah harmonisa yang terjadi pada sisi sumber maupun sisi beban (motor, transformator dan converter). Adapun gambar perancangan sistem pada simulasi ETAP *Power Station* versi 7.5.0 sebagai berikut :



Gbr. 5. Pemodelan Sistem Dengan ETAP Power Station versi 7.5.0

B. Analisa Total Harmonic Distortion (THD)

Hal pertama yang diperlukan untuk menganalisa THD arus adalah dengan menentukan rasio I_{sc} dan I_L .

Nilai I_{sc} dapat ditentukan dengan langkah perhitungan sebagai berikut^[14]:

$$I_{sc} = \frac{S}{\sqrt{3} \times Z\% \times V_{LL}}$$

(6)

Dari perhitungan diatas didapat nilai I_{sc} pada setiap beban pada sistem

Tabel 3. perbandingan nilai I_{THD} hasil simulasi dengan standar IEEE-519-1992

Load	I_{sc}	I_{sc} / I_L (A)	I_{THD} Simulasi (%)	Std IEEE I_{THD} (%)	Keterangan
Motor	46,189	18,475	22,92	5	TIDAK MEMENUHI STANDAR
Converter	19650 2,25	283,38	14,24	15	MEMENUHI STANDAR
Transformator 2	3695,0 4	12,6	5	5	

Tabel 4. Perbandingan nilai V_{THD} hasil simulasi dengan standar IEEE-519-1992

BUS	V_{THD} Simulasi (%)	Std IEEE V_{THD} (%)	KETERANGAN
BUS Sumber	2,58	5	MEMENUHI STANDAR
Bus Converter	12,6		TIDAK MEMENUHI STANDAR
BUS Transformator 2 (T2)	48,99		
BUS Motor	48,91		

C. Perancangan Filter Pasif

Dalam perancangan filter pasif (*single tuned filter*) diperlukan perhitungan besaran komponen (LC) pada filter pasif guna meredam tingkat distorsi harmonisa pada sistem. Sebelumnya dilakukan identifikasi orde harmonisa yang akan direduksi dan menentukan nilai Q_{VAR} pada sistem untuk memperbaiki faktor daya pada sistem.

Bila filter didesain untuk memperbaiki faktor daya sampai 0.98, daya reaktif yang dibutuhkan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$VAR_S = P (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad (7)$$

Selanjutnya menghitung nilai impedansi kapasitor dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$X_c = \frac{kV^2(1000)}{kVAR} \quad (8)$$

Dari nilai impedansi kapasitor maka diperoleh nilai kapasitansi kapasitor dengan menggunakan sebagai berikut :

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} \quad (9)$$

Setelah itu, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai reaktor filter dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$X_L = \frac{X_c}{h^2} \quad (10)$$

Pada proses sebelumnya telah ditentukan nilai orde harmonisa yang akan difilter sehingga didapat nilai induktansi induktor dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} \quad (11)$$

Tabel 5. Spesifikasi Filter Pasif (*Single Tuned Filter*)

BUS	kV	Komponen	Single Tuned
			Q (90)
Bus Beban Motor	25	Qc (kVAR)	994,59
		L (mH)	26,87
		C (μF)	15,12
Bus Beban Transformator 2	10	Qc (kVAR)	575,44
		L (mH)	7,436
		C (μF)	54,98
			Orde 11
Bus Beban Converter	10	Qc (kVAR)	1428,46
		L (mH)	2,936
		C (μF)	138,46

D. Rating Kerja Filter Pasif (*Single Tuned Filter*)

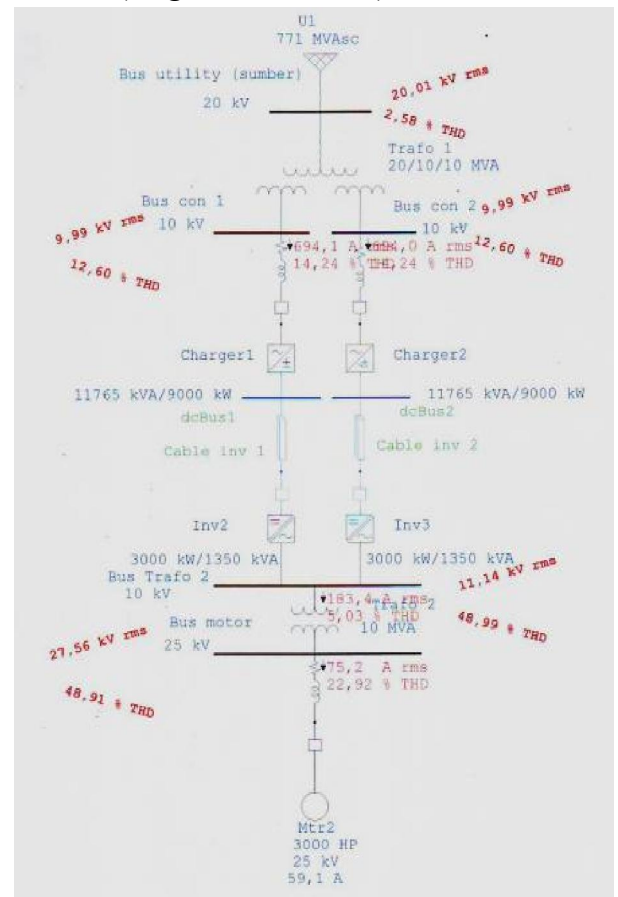
Suatu filter pasif (*Single Tuned Filter*) memiliki nilai rating kerja. Rating kerja ini sesuai dengan standarisasi ANSI/IEEE 18-1980. Terdapat 3 filter pasif (*Single Tuned Filter*) yang terpasang pada sistem yang terletak pada beban. Sehingga dapat dilihat nilai ketiga rating kerja filter pasif (*Single Tuned Filter*) pada sistem sebagai berikut :

Tabel 6. Perbandingan Batasan Kerja Filter Pasif (*Single Tuned Filter*) Pada Beban Transformator 2

Kerja	Definisi	Batasan %	Nilai aktual	Nilai aktual %
Teganga Puncak	V/V_{rated}	120	6120,515/6015,15	101,75
Tegangan rms	V_{rms}/V_{rated}	110	6016,07/6015,15	100
Arus rms	I_{rms}/I_{fund}	180	103,86/103,86	100
kVAR	$kVAR_{total}/kVAR_{fund}$	135	624,83/599,58	104,21

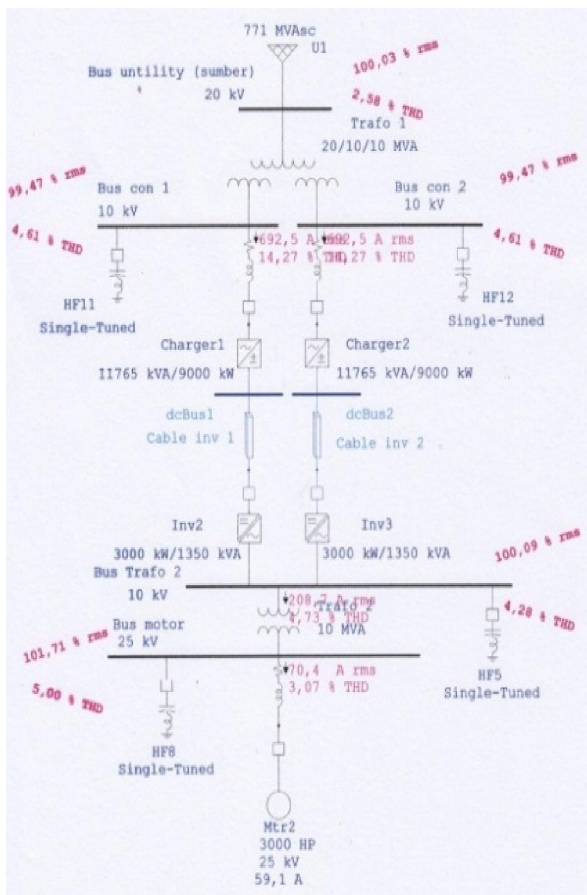
E. Analisa Harmonisa Hasil Simulasi

1) Harmonisa Sebelum Pemasangan Filter Pasif (*Single Tuned Filter*)



Gbr. 6. Nilai THD (arus dan tegangan) Pada Sistem Sebelum Pemasangan Filter Pasif (*Single Tuned Filter*)

2) Harmonisa Setelah Pemasangan Filter Pasif (Single Tuned Filter)



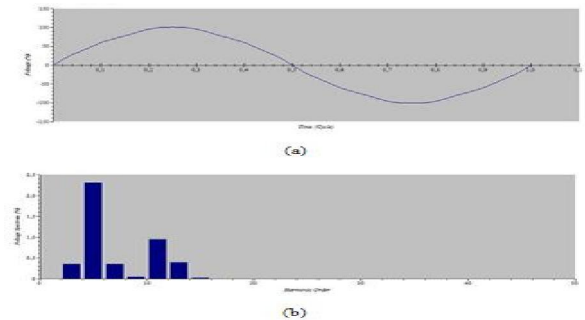
Gbr. 7. Nilai THD arus dan tegangan Pada Sistem Setelah Pemasangan Filter Pasif (Single Tuned Filter)

Tabel 7. Hasil Pemasangan Filter Pasif (Single Tuned Filter) Pada Sistem

BEBAN	PARAMETER	SEBELUM DIFILTER	SETELAH DIFILTER	STANDAR IEEE (%)
Converter	V_{THD} (%)	12,6	4,61	5
	I_{THD} (%)	14,24	14,27	15
	V (%)	99,91	99,47	
	I (%)	694,1	692,5	
Transformator 2 (T2)	V_{THD} (%)	48,99	4,28	5
	I_{THD} (%)	5,03	4,73	8
	V (%)	111,36	100,09	
	I (%)	183,4	208,7	
Motor	V_{THD} (%)	48,91	5	5
	I_{THD} (%)	22,92	3,07	3
	V (%)	110,24	101,71	
	I (%)	75,2	70,4	

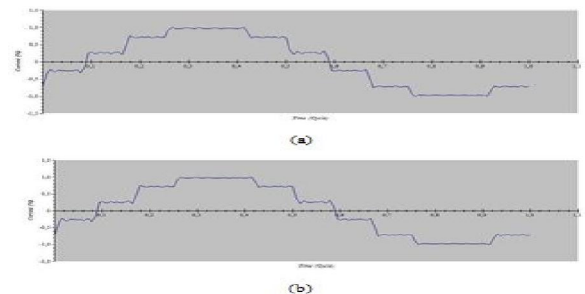
3) Harmonisa Pada Sumber (utility)

Nilai harmonisa pada sisi sumber (utility) terlihat pada simulasi telah memenuhi standar IEEE-519-1992 baik sebelum dan setelah pemasangan filter pasif yaitu sebesar 2,58 %, sehingga gelombang tegangan berbentuk gelombang sinusoidal

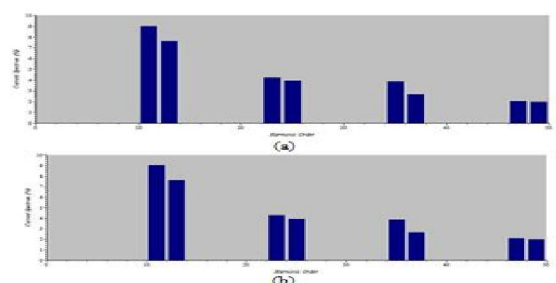


Gbr. 8. (a) Gelombang Tegangan Pada Sisi Sumber (utility) (b) Spektrum Tegangan Pada Sisi Sumber (utility)

4) Harmonisa Pada Converter THDi

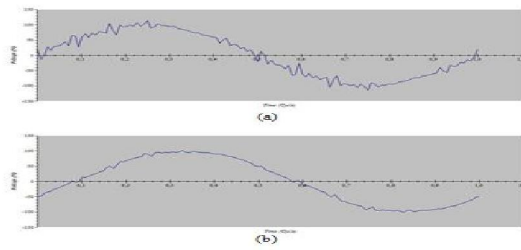


Gbr. 9. (a). Gelombang arus beban converter sebelum pemasangan filter (b). Gelombang arus beban converter setelah pemasangan filter

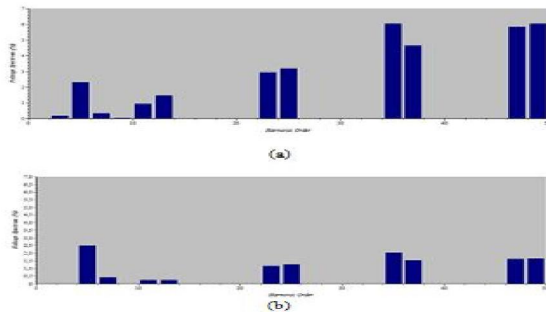


Gbr. 10. (a). Spektrum Arus Converter Sebelum Pemasangan Filter Pasif (b). Spektrum Arus Converter Setelah Pemasangan Filter Pasif

THDv



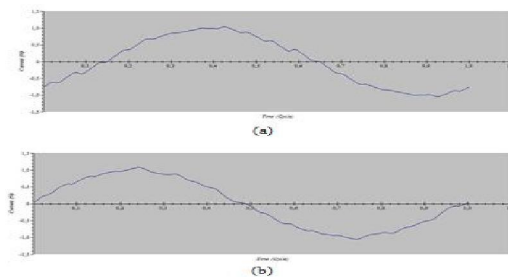
Gbr. 11. (a). Gelombang Tegangan Converter Sebelum Filter Terpasang (b). Gelombang Tegangan Converter Setelah Filter Terpasang



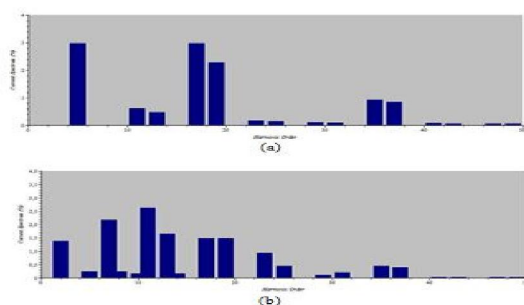
Gbr. 12. (a). Spektrum Tegangan Converter Sebelum Filter Terpasang (b). Spektrum Tegangan Converter Setelah Fiter Terpasang

5) Harmonisa Pada Transformator 2

THDi

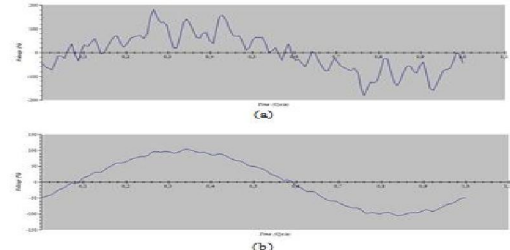


Gbr. 13.(a). Gelombang Arus Transformator Sebelum Pemasangan Filter Pasif (b) Gelombang Arus Transformator Setelah Pemasangan Filter Pasif

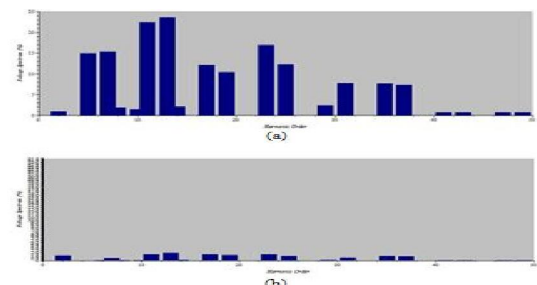


Gbr. 14. (a). Spektrum Arus Transformator 2 Sebelum Pemasangan Filter Pasif (b). Spektrum Arus Transformator 2 Sebelum Pemasangan Filter Pasif

THDv



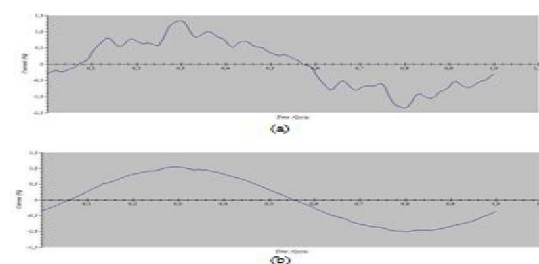
Gbr. 15. (a). Gelombang Tegangan Transformator 2 Sebelum Pemasangan Filter Pasif (b). Gelombang Tegangan Transformator 2 Setelah Pemasangan Filter Pasif



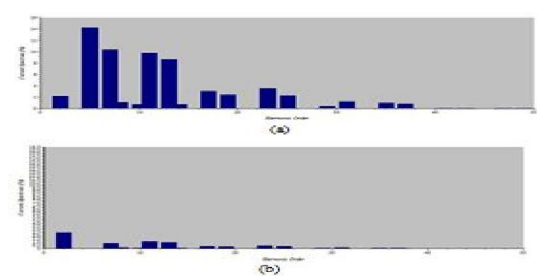
Gbr. 16. (a). Spektrum Tegangan Transformator 2 Sebelum Filter Pasif Terpasang (b). Spektrum Tegangan Transformator 2 Setelah Filter Pasif Terpasang

7) Harmonisa Pada Beban Motor

THDi

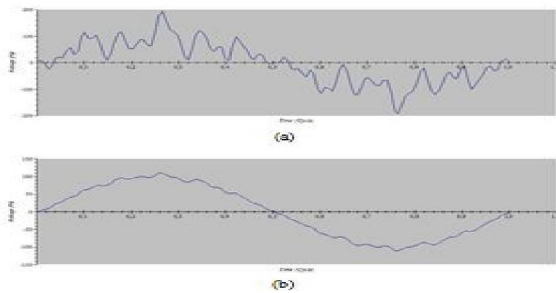


Gbr. 16. (a). Gelombang Arus Beban Motor Sebelum Pemasangan Filter Pasif (b). Gelombang Arus Beban Motor Setelah Pemasangan Filter Pasif

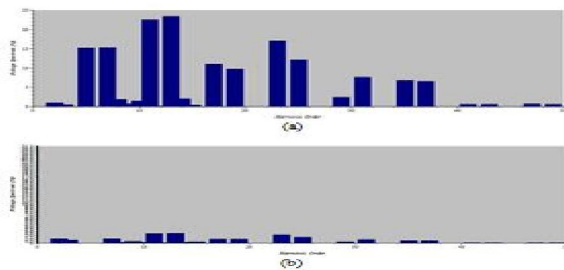


Gbr. 17.(a). Spektrum Arus Beban Motor Sebelum Pemasangan Filter Pasif (b). Spektrum Arus Beban Motor Setelah Pemasangan Filter Pasif

THDv



Gbr. 18. (a). Gelombang TeganganBeban Motor Sebelum Pemasangan Filter Pasif (b). Gelombang Tegangan Beban Motor Setelah Pemasangan Filter Pasif



Gbr. 19. (a). Spektrum Tegangan Beban Motor Sebelum Pemasangan Filter Pasif (b). Spektrum Tegangan Beban Motor Setelah Pemasangan Filter Pasif

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

- 1) Tingkat distorsi harmonik tegangan (THDv) pada sisi sumber hasil simulasi perancangan sistem pada ETAP *Power Station* versi 7.5.0 sebesar 2,58 % baik setelah pemasangan maupun sebelum pemasangan filter pasif (*Single Tuned Filter*). Sehingga dapat dikatakan sistem pada sisi sumber telah memenuhi standar IEEE-519-1992.
- 2) Pemasangan Filter Pasif (*Single Tuned Filter*) pada sistem terpasang pada setiap beban, pemasangan tersebut menyebabkan penurunan nilai THDv dan THDi sehingga sistem telah memenuhi standar IEEE-519-1992.
- 3) Penurunan nilai THDv pada setiap bus akibat pemasangan filter pasif (*Single Tuned Filter*) adalah sebagai berikut : penurunan pada Converter sebesar 8% (dari 12,6% menjadi 4,61%), pada

Tranformator 2 (T2) sebesar 44,71% (dari 48,99% menjadi 4,28%) dan pada beban motor sebesar 43,91% (dari 48,91% menjadi 5%).

- 4) Perubahan nilai THDi akibat pemasangan filter pasif (*Single Tuned Filter*) adalah sebagai berikut : terjadi penurunan pada transformator 2 sebesar 0,3% (dari 5,03% menjadi 4,73%), beban motor sebesar 19,85% (dari 22,92% menjadi 3,07) sedangkan pada converter mengalami kenaikan sebesar sebesar 0,03% (dari 14,24% menjadi 14,27%) namun masih memenuhi standar IEEE-519-1992.
- 5) Besar nilai distorsi harmonisa pada sisi beban lebih besar dibandingkan pada sisi sumber, hal ini terlihat pada besarnya nilai THDv pada sisi beban motor sebesar 22,92% sedangkan pada sisi sumber sebesar 2,58% saat sebelum pemasangan filter pada sistem.

B. Saran

- 1) Memasukkan sistem kontrol kecepatan motor pada sistem guna mendapatkan nilai harmonisa arus maupun tegangan yang lebih detail untuk direduksi untuk membuat sistem lebih handal.
- 2) Perancangan jenis filter pasif yang lain selain *Single Tuned Filter* untuk mereduksi harmonisa arus maupun tegangan.

REFERENSI

- [1] Adrianto.2007.”Optimalisasi Penempatan Filter Pasif untuk Mereduksi Rugi-Rugi Daya Akibat Arus Harmonik Pada Industri Baja”.Universitas Indonesia.Depok.
- [2] Arrilaga.j, N.R. Watson.2003.”Power System Harmonics, Second Edition” John Wiley & Sons, Ltd ISBN: 0-470-85129-5.
- [3] Dugan. Roger C, et. 2004. “*Electrical Power System Quality Second Edition*”, McGraw-Hill.
- [4] Hardi. Supri, Yaman.2013. “Peredaman Harmonisa Dan Perbaikan Faktor Daya Aplikasi Beban Rumah Tangga”.

- Lhoksumawe : Jurnal Litek (ISSN: 1693-8097), Vol 10 No. 1.
- kereta-listrik/.html pada tanggal 7 Januari 2015.
- [5] Nengah Suwiden.2009. “Analisa Penanggulangan THD dengan Filter Pasif Pada Sistem Kelistrikan RSUP Sanglah”. Bali : Jurnal Teknik Elektro Universtas Udayana, Vol 78 No. 2.
 - [6] Priliasari, Fika. 2007. “Studi Pengaruh Harmonisa Pada Arus Litrik Terhadap Besarnya Penurunan Kapasitas Daya (Kva) Terpasang Transformator Distribusi” . Bandar Lampung : Jurnal Teknik Elektro Universitas Lampung, Vol 1 No 1.
 - [7] Sabri, Yusra. 2012. ”Perancangan Filter Pasif Untuk Mengatasi Harmonisa Pada Gardu Penyearahan Pusat Litrik Aliran Tas – PT KAI Commuter Jabodetabek Indonesia”’. Bandung : Jurnal STEI ITB.
 - [8] Sankaran.C.2002.”Power Quality”.New York :CRC Press LLC.
 - [9] Sopyandi, Endi. “Perancangan Single Tuned Filter Untuk Mereduksi Harmonisa Arus Dengan Simulasi Program ETAP *Power Station* 5.0.3”. (jurnal). Universitas Indonesia (UI).
 - [10] Sujatmiko, Agung. Juni 2010. “Pengaruh Harmonisa terhadap Kinerja Transformator Arus”. Depok : Skripsi Departemen Teknik Elektro FT UI.
 - [11] Tanoto. 2005. “Simulasi Actife Filter dan Sistem Kerja Rangkaian Dalam Meredam Harmonisa pada Vacumm Casting Induction Furnace Dengan daya 9 kW, 13,8 kVA, 200v, 3 fasa, 50/60 Hz”. Surabaya : Skripsi Jurusan Teknik Elektro Universitas Kristen Petra.
 - [12] Rashid.Muhammad.1999. “Elektronika Daya Rangkaian, Devais, dan Aplikasinya Jilid 1. Jakarta : Prehallindo.
 - [13] Tarmizi.2010.”Pengaruh Harmonisa Terhadap Putra .KWH Metel Analog Banda Aceh.Jurnal. Universital Syah Kuala.
 - [14] Aditama.Indra.2013.”Perancangan Tapis Pasif (Singel Tuned Filter) Untuk Mereduksi Arus Harmonisa Akibat Pemakain Beban Non Linier Di Transformator Pemakaian Sendiri PLTUTarahan”.BandarLampung. Skripsi.Universitas Lampung.
 - [15] “Komponen Kereta Rel Listrik” Diaksesdari<https://infokomrailfans17.wordpress.com/2011/06/26/sistem-penggerak->