

ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN FILTER PASIF DAN AKTIF UNTUK MEREDUKSI HARMONISA PADA VARIABLE SPEED DRIVE BERBEBAN

¹⁾Ade Kurniawan, ²⁾Hendro Tjahjono

¹⁾Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta, Indonesia

ade.kurniawan.re@gmail.com

²⁾Badan Tenaga Nuklir Nasional

hendro@batan.go.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pertimbangan pada pemilihan jenis filter harmonik yang akan digunakan untuk mereduksi harmonisa yang timbul pada *variable speed drive* (VSD) dengan beban motor induksi tiga fasa dengan cara melakukan perancangan dan simulasi perbandingan unjuk kerja filter harmonik menggunakan software Simulink MATLAB 8.5 (R2015a). Data studi kasus penelitian ini diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung pada sistem pengontrolan pompa air baku di Instalasi Pengolahan Air (IPA) PT. Moya Bekasi Jaya. Dari hasil simulasi, penggunaan filter pasif *single tuned* menurunkan %THDi dari 28,74% menjadi 4.60%. Penggunaan *Shunt Active Power Filter* (SAPF) menurunkan %THDi dari 28,74% menjadi 4.67%. %THDv untuk keduanya relatif stabil. Variasi kecepatan pada motor induksi dengan mengubah frekuensi pada VSD memiliki pengaruh terhadap %THDi, dimana pada penggunaan filter pasif *single tuned* %THDi mengalami kenaikan dengan diturunkannya nilai frekuensi, dan pada penggunaan SAPF %THDi mengalami penurunan dengan diturunkannya nilai frekuensi. Adapun %THDv keduanya relatif stabil. Berdasarkan hasil simulasi, filter aktif memiliki unjuk kerja yang lebih baik.

Kata kunci : Harmonik, VSD, filter aktif dan filter pasif

ABSTRACT

This study aims to give consideration to the selection of harmonic filter types that will be used to reduce harmonics that arise on variable speed drives (VSD) with a three-phase induction motor load by means of designing, and comparing the performance of harmonic filters using Simulink MATLAB 8.5 software (R2015a). Data on this research was obtained by making direct measurements on the control system of the raw water pump at the Water Treatment Plant (WTP) of PT. Moya Bekasi Jaya. From the simulation results, using a single tuned passive filter decreased % THDi from 28.74% to 4.60%. The use of Shunt Active Power Filter (SAPF) decreased %THDi from 28.74% to 4.67%. %THDv for both is relatively stable. Variations in the speed of the induction motor by changing the frequency on the VSD has an influence on %THDi, where the use of a single tuned passive filter % THDi has increased with the decrease in frequency value, and the use of SAPF % THDi has decreased with the decrease in frequency value. The THDv % are both relatively stable. Based on simulation results, active filters have better performance.

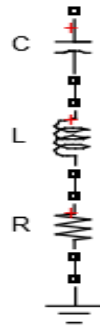
Keywords: harmonics, VSD, active filters and passive filters

PENDAHULUAN

Salah satu metoda yang digunakan untuk mengontrol aliran pada pendistribusian air baku adalah dengan pengaturan kecepatan motor dengan menggunakan VSD. Penggunaan VSD memiliki keuntungan pada konsumsi listrik yang optimum [1], namun karena VSD merupakan beban non-linear (beban yang mengandung penyearah atau diode) maka penggunaannya akan menimbulkan harmonisa yang menurunkan kualitas daya listrik. Untuk menanggulangi permasalahan harmonisa yang timbul, salah satu upaya pengurangannya yakni dengan menggunakan filter harmonik, baik filter pasif maupun filter aktif. Filter pasif pada dasarnya adalah topologi atau pengaturan elemen R, L, C yang terhubung dalam pengaturan atau kombinasi yang berbeda untuk mendapatkan penekanan harmonik yang diinginkan. Filter pasif dapat diklasifikasikan menjadi: 1) *Shunt* filter pasif; 2) *Series* filter pasif. Filter pasif *single tuned* merupakan salah satu dari jenis *shunt* filter. Pada frekuensi resonansi,

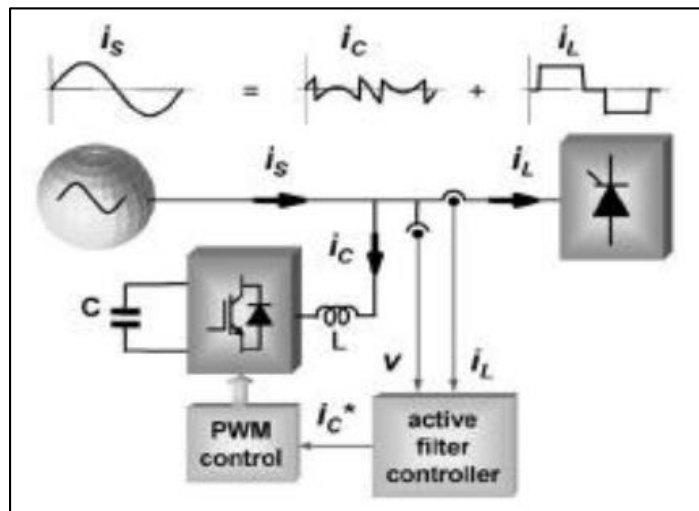
Seminar Nasional Riset dan Teknologi, Jakarta 13 Oktober 2018

impedansi filter pasif *single-tuned* sama dengan tahanan R , sehingga arus harmonisa yang mempunyai frekuensi yang sama dengan frekuensi resonansi akan dialirkan atau dibelokkan melalui pasif filter *single-tuned*. Dengan demikian filter pasif *single-tuned* diharapkan dapat mengurangi IHDV dan IHDi sampai dengan 10-30% [2]. Gambar 1 menunjukkan rangkaian filter pasif *single-tuned*.



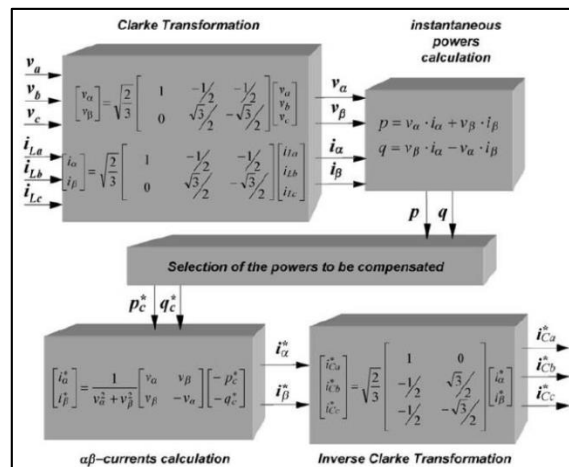
Gambar 1. Rangkaian filter pasif *single-tuned*

Ide tentang *Shunt Active Power Filter* (SAPF) disajikan oleh Gyugyi dan Strycula pada tahun 1976. Keuntungan utama menggunakan SAPF adalah dapat mencari arus kompensasi referensi dan kemudian menggerakkan konverter daya untuk mengambil tindakan sintesis yang sesuai. Dengan kata lain SAPF dapat secara efisien dan berkesinambungan mengimbangi harmonisa dalam beban non-linier yang dipilih. SPAPF terdiri dari dua blok utama: 1) Konverter PWM (pemrosesan daya); 2) Pengontrol filter aktif (pemrosesan sinyal), seperti gambar 2 berikut.



Gambar 2. Konfigurasi dasar SAPF

Pada Gambar 2 [3] konverter PWM terdiri dari 3 *arm bridge inverter* dan kontroler PWM yang menghasilkan sinyal *gating* untuk *bridge inverter*. Pengontrol filter aktif bertanggung jawab untuk menghitung arus referensi kompensasi yang oleh *bridge inverter* mencoba untuk secara akurat melacak dan menyuntikkan ke dalam sistem pada *Point Common Coupling* (PCC).

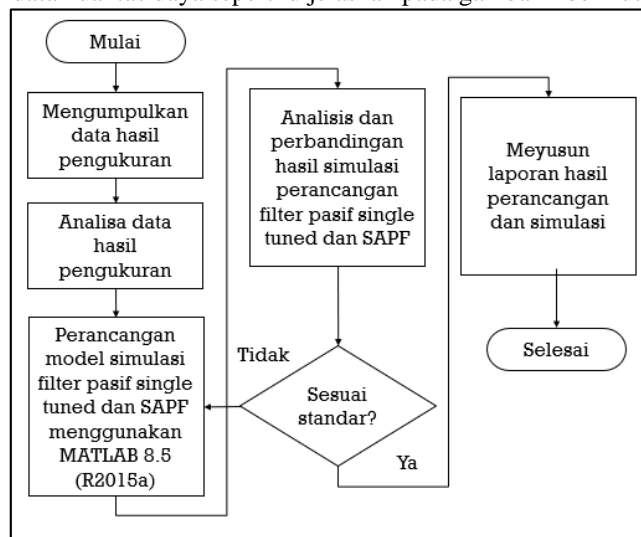


Gambar 3. Blok kontrol untuk strategi kontrol daya sesaat yang konstan

Diagram blok pengendali filter aktif berdasarkan *p-q theory* ditunjukkan dalam Gambar 3 [4]. Matrik transformasi Clarke mengubah sumber tegangan dan arus beban dari koordinat abc ke sumbu $\alpha\beta$. Melalui tegangan dan arus ini, dayaaktif (real) dan daya reaktif (imajiner) dihitung (seketika). Menurut persyaratan daya, arus kompensasi dihitung. Selanjutnya arus-arus ini ditransformasikan kembali menjadi koordinat abc [7].

METODE PENELITIAN

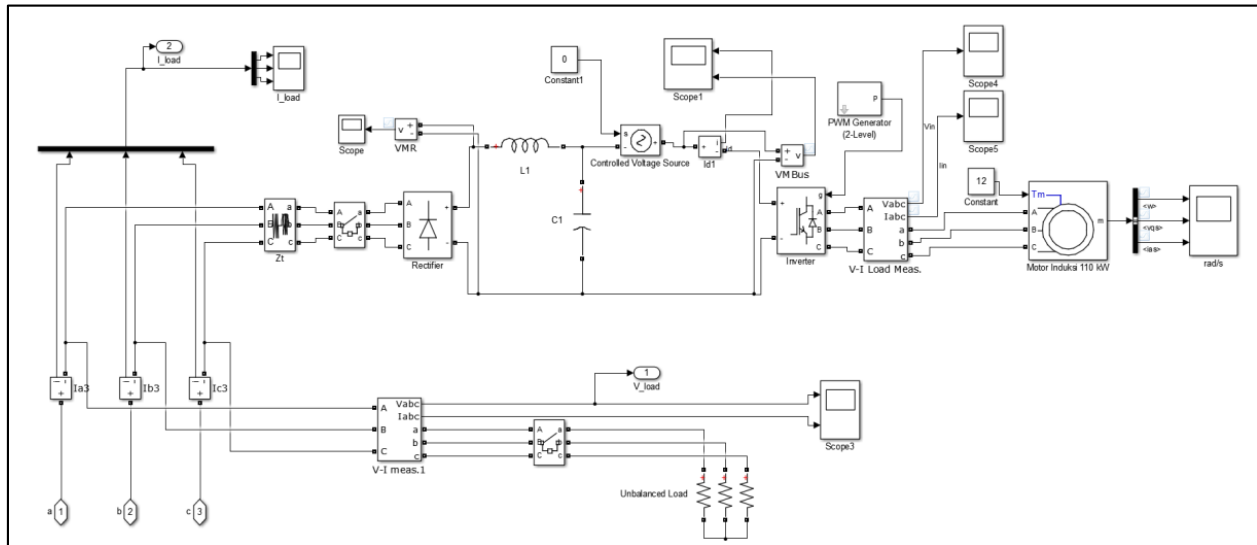
Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu dengan mengumpulkan data hasil pengukuran, menganalisa data hasil pengukuran terhadap data penelitian berupa %THDi, %THDv dan spektrum harmonisa. Tahapan selanjutnya adalah simulasi reduksi harmonisa dengan filter pasif *single tuned* dan SAPF menggunakan perangkat lunak Simulink MATLAB 8.5 (R2015a) berdasarkan hasil pengumpulan data kualitas daya seperti dijelaskan pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Alur proses penelitian

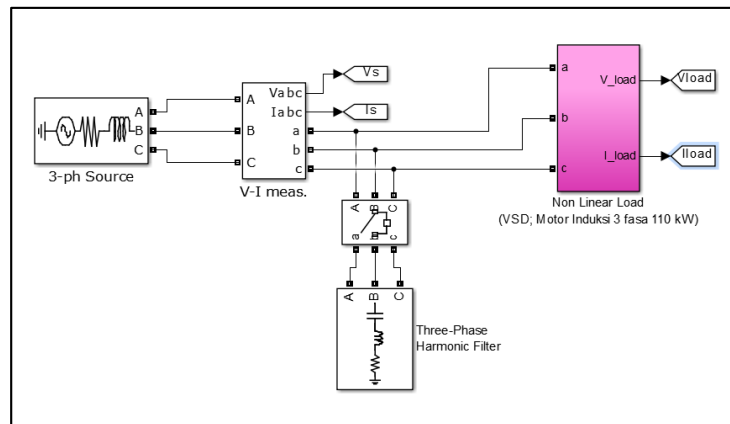
Gambar 5 memperlihatkan perancangan simulasi penggunaan *variable speed drive* (VSD) dengan beban motor induksi tiga fasa dengan menggunakan Simulink MATLAB 8.5. VSD terdiri dari tiga blok utama yaitu *rectifier* sebagai pengubah sinyal dari AC ke DC, DC Link dan *inverter* sebagai pengubah sinyal dari DC ke AC. PWM generator (2 Level) digunakan sebagai sinyal *gate* untuk mencatu proses *switching* dan mengatur frekuensi sehingga diperoleh kecepatan yang diinginkan. Beban

motor induksi tiga fasa 110 kW dihubungkan ke sebuah *scope/display* yang berfungsi untuk memonitor kesesuaian kecepatan motor terhadap pengaturan frekuensi VSD.



Gambar 5. Simulink model beban non linear

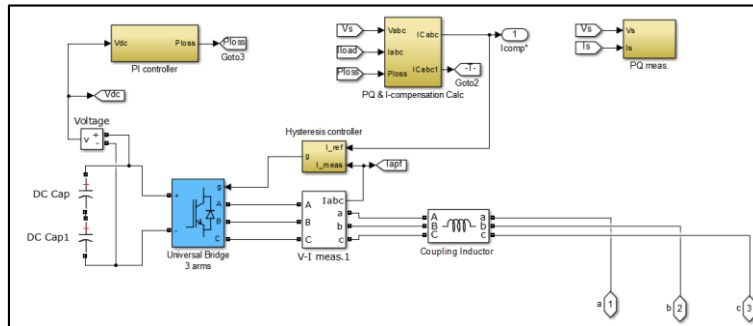
Gambar 6 memperlihatkan penggunaan filter pasif *single tuned* yang dihungkan paralel dengan beban non linear. Blok yang digunakan adalah Three-Phase Harmonic Filter dengan parameter setting: 1) Type of Filter: single tuned; 2) Filter connection: Y (grounded); 3) Nominal Reactive Power: 400+e3; 4) Tuning Frequency: 5*50; 5) Quality Factor: 100.



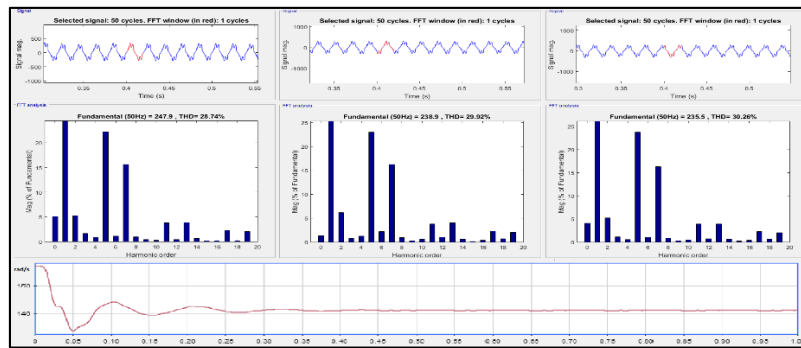
Gambar 6. Simulink model VSD dengan beban motor induksi tiga fasa 110 kW dan penambahan filter pasif *single tuned* tiga fasa

Gambar 7 memperlihatkan simulink model untuk SAPF [5]. Komponen dan blok penyusun SAPF terdiri dari: 1) PQ & I-Compensation Calc; 2) Hysteresis Controller; 3) Universal Bridge; 4) Capacitor; 5) PI Controller; 6) Coupling Inductor. Blok PQ & I-Compensation Calc merupakan bagian utama dari SAPF. Algoritma PQ Theory untuk perhitungan daya aktif dan daya reaktif dan arus kompensasi (arus yang akan disuntikkan untuk mengkompensasi distorsi harmonik) diimplementasikan dalam blok ini. Sinyal keluaran blok PQ & I-Compensation Calc menjadi input blok Hysteresis Current Controller, dimana merupakan salah satu teknik yang tersedia untuk menghasilkan sinyal PWM yang mengontrol gerbang transistor inverter. Sinyal gerbang yang dihasilkan oleh blok Hysteresis Current Controller diumpungkan ke Universal Bridge 3-arms IGBT, inverter dengan switching cepat. Inverter menghasilkan arus harmonik yang dibutuhkan. Melalui inverter,

kapasitor menghasilkan arus kompensasi. Kontroler PI digunakan untuk menghapus kesalahan *gate* yang stabil. V_{dc} dipertahankan dengan membandingkannya dengan nilai V_{ref} konstan. Jika V_{dc} lebih kecil dari V_{ref} maka akan menciptakan sinyal P_{loss} positif dan jika V_{dc} lebih besar dari V_{ref} maka akan menciptakan sinyal P_{loss} negatif.



Gambar 7. Simulink model SAPF



Gambar 8. Hasil simulasi analisa harmonisa tanpa filter, fasa R, fasa S dan fasa T, pada kecepatan motor 141 rad/s (45 Hz)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 8 menunjukan hasil simulasi dari gambar 6, penggunaan VSD untuk pengaturan kecepatan motor. Fasa R (L1) memiliki %THDi = 28,74%, fasa S (L2) memiliki %THDi = 29,92%, dan fasa T (L3) memiliki %THDi = 30,26% pada kecepatan motor 141 rad/s (nilai frekuensi 45 Hz di VSD). Spektrum harmonisa memperlihatkan harmonisa tertinggi berada pada orde ke lima.

Tabel 2 merupakan perbandingan hasil simulasi dari simulink model pada gambar 5, 6 dan 7. Pada tabel 2 terlihat baik filter pasif maupun aktif dapat mereduksi %THDi hingga memenuhi standar IEEE 512-2014. Secara kuantitatif hubungan frekuensi dengan %THDi diperlihatkan pada gambar 9.

Tabel 2. Perbandingan %THDi tanpa filter, dengan filter pasif dan dengan filter aktif

Frekuensi (Hz)	%THDi								
	Tanpa Filter			Dengan Filter Pasif			Dengan Filter Aktif		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
45	28.74	29.92	30.26	4.60	5.37	5.23	4.67	4.78	4.68
43	28.16	29.50	30.89	4.46	5.45	5.51	3.15	3.12	3.27

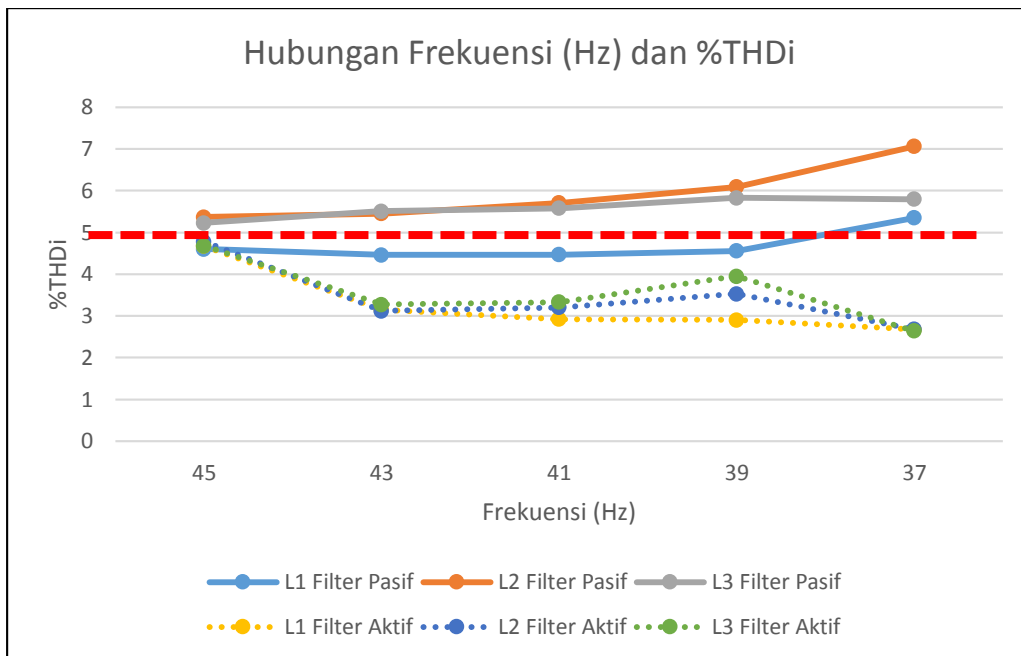
41	29.29	29.98	31.11	4.47	5.71	5.58	2.92	3.2	3.33
39	28.93	30.24	31.90	4.56	6.09	5.83	2.9	3.53	3.95
37	28.54	29.92	29.97	5.35	7.06	5.80	2.67	2.68	2.64

Pada Gambar 9, batas maksimum %THDi menurut IEEE 512-2014 adalah 5%. Penurunan nilai frekuensi, diikuti oleh kenaikan %THDi pada penggunaan filter pasif. Dimana pada frekuensi 37 Hz terlihat %THDi fasa R (L1) melebihi 5%. Hubungan %THDi masing-masing fasa terhadap perubahan frekuensi sebagai berikut.

Untuk L1 $y = 0,402x + 4,73$ (1)
 Untuk L2 $y = 0,146x + 5,125$ (2)
 Untuk L3 $y = 0,16x + 4,208$ (3)

Pada penggunaan filter aktif, penurunan frekuensi diikuti oleh penurunan %THDi. Hubungan %THDi pada setiap fasa terhadap perubahan frekuensi sebagai berikut.

Untuk L1 $y = -0,425x + 4,537$ (4)
 Untuk L2 $y = -0,379x + 4,599$ (5)
 Untuk L3 $y = -0,34x + 4,594$ (6)



Gambar 9 Hubungan perubahan frekuensi dan %THDi

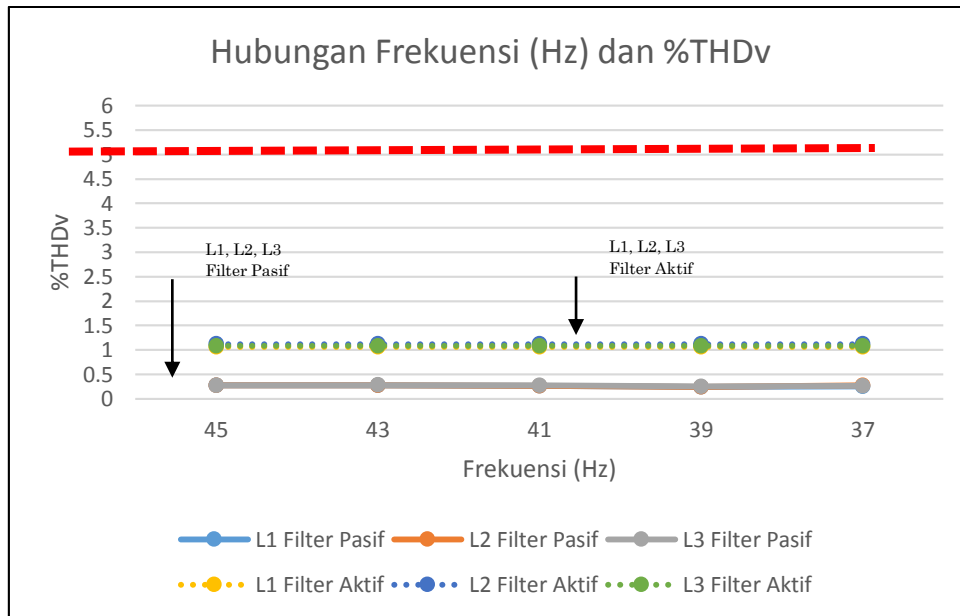
Tabel 3 merupakan perbandingan hasil simulasi dari simulink model pada gambar 5, 6 dan 7. Pada tabel 2 terlihat %THDv memiliki kecenderungan stabil terhadap perubahan frekuensi dari 45 hingga 39 Hz, baik pada penggunaan filter pasif maupun filter aktif. Secara kuantitatif hubungan frekuensi dengan %THDv diperlihatkan pada gambar 10.

Tabel 3. Perbandingan %THDv tanpa filter, dengan filter pasif dan dengan filter aktif

Frekuensi (Hz)	%THDv								
	Tanpa Filter			Dengan Filter Pasif			Dengan Filter Aktif		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3	L1	L2	L3
45	0.34	0.33	0.33	0.27	0.27	0.27	1.06	1.12	1.08
43	0.34	0.34	0.34	0.27	0.27	0.28	1.06	1.12	1.08

41	0.31	0.31	0.31	0.26	0.26	0.27	1.06	1.12	1.08
39	0.30	0.30	0.31	0.24	0.24	0.25	1.06	1.12	1.08
37	0.26	0.26	0.26	0.25	0.27	0.26	1.06	1.12	1.08

Batas maksimum %THDv menurut IEEE 512-2014 adalah 5% [6]. Pada Gambar 10, nilai %THDv baik pada filter pasif maupun aktif sesuai dengan standar.



Gambar 10. Hubungan perubahan frekuensi dan %THDv

Berdasarkan pasar, harga filter aktif saat ini berkisar tujuh kali lebih tinggi jika dibandingkan dengan filter pasif dengan spesifikasi yang sama. Dengan mempertimbangkan aspek ekonomi berdasarkan perbedaan harga yang cukup signifikan, penggunaan filter pasif dapat dioptimalkan dengan menentukan titik optimum %THDi sehingga perubahan frekuensi VSD tidak mengakibatkan %THDi melampaui batas maksimum %THDi yang diatur oleh standar IEEE 512-2014.

Tabel 4. Hasil simulasi %THDi tanpa filter dengan filter pasif pada titik optimum %THDi

Frekuensi (Hz)	%THDi					
	Tanpa Filter			Dengan Filter Pasif		
	L1	L2	L3	L1	L2	L3
45	28.74	29.92	30.26	3.74	4.92	4.15
43	28.16	29.50	30.89	3.59	4.72	4.22
41	29.29	29.98	31.11	3.48	4.58	4.07
39	28.93	30.24	31.90	3.38	4.56	4.02
37	28.54	29.92	29.97	3.66	4.79	3.88

Pada Tabel 4 di atas, hasil simulasi dengan filter pasif, %THDi tidak melampaui 5%. Dengan demikian penggunaan filter pasif berada pada titik optimum.

KESIMPULAN

Makalah ini menyajikan perbandingan penggunaan filter pasif dan aktif untuk mereduksi harmonisa yang timbul pada VSD dengan beban motor induksi tiga fasa menggunakan software Simulink MATLAB 8.5 (R2015a). Dari hasil simulasi, filter pasif dan aktif mampu mereduksi harmonisa hingga memenuhi standar IEEE 512-2014 pada frekuensi VSD di 45 Hz.

Seminar Nasional Riset dan Teknologi, Jakarta 13 Oktober 2018

Penurunan nilai frekuensi pada VSD menurunkan nilai %THDi pada penggunaan SAPF dan menaikkan nilai %THDi hingga melebihi standar pada penggunaan filter pasif *single tuned*. Sebagai kesimpulan, SAPF memiliki unjuk kerja yang lebih baik. Dengan mempertimbangkan aspek ekonomi, penggunaan filter pasif *single tunde* dapat dapat optimalkan dengan menentukan titik optimum %THDi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Mr. Amit Kale, Mr. Nikhil R Kamdi, Ms. Priya Kalem. *Areview Paper on Variable Frequency Drive*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), e-ISSN:2395-0056, p-ISSN:2395-0072, 2017.
- [2]. Mustamam. *Penggunaan Passive Filter Single Tuned untuk Mereduksi Harmonisa pada Juicer*. Journal of Electrical Technology, Vol. 2, No. 3, ISSN:2598-1099 (online), ISSN:2502-3624 (cetak), 2017.
- [3]. Dani Nur Prabowo, Muhammad Haddin, Dedi Nugroho. *Reduksi Harmonisa dengan Filter Aktif Shunt Berbasis Matlab/Simulink*. Media Elektrika, Vol. 8, No. 2, ISSN:1979-7451, 2015.
- [4]. Niklesh Das. *Power Quality Improvement of Three Phase system Using shunt Active Power Filter*. International Journal of Advance research, Idea and Innovation in Technology, ISSN:2454-132X, 2017.
- [5]. Muhammad Jawwad Iqbal. *Design and Simulation of Three Phase Shunt Active Power Filter using the p-q Theory*. N.E.D University of Engineering and Technology Karachi, 2006
- [6]. *IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*, IEEE Standard 519-2014, Maret. 2014.
- [7]. Arpith Shah, Nirav Vaghela. *Shunt Active Power Filter for Power Quality Improvement in Distribution System*. International Journal of Engineering Development and Research, ISSN:2321-9939, 2005.