

PERANCANGAN FILTER UNTUK BEBAN FL-2 PADA PL-LB/1 MENGUNAKAN ETAP POWERSTATION

Erwin Dermawan^{1*}, Deni Almanda², Ery Diniardi³,
Syawaluddin⁴, Anwar Ilmar Ramadhan⁵

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta

^{3,4,5}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta

Jl. Cempaka Putih Tengah No.27 Jakarta 10510

*E-mail: erwin.dermawan@ftumj.ac.id

ABSTRAK

Harmonik arus maupun harmonik tegangan adalah salah satu permasalahan yang umum terjadi dalam suatu sistem tenaga yang memiliki komponen berupa beban non-linier. Harmonik arus maupun harmonik tegangan dapat mempengaruhi kestabilan dari sistem tenaga dan memberikan dampak yang buruk untuk komponen kelistrikan yang lainnya, Oleh karena itu diperlukan suatu langkah yang perlu dilakukan untuk meminimalisir dampak buruk dari kasus tersebut salah satunya adalah dengan menggunakan filter pasif. Tujuan penelitian ini akan melakukan desain model High-Pass Damped Filter dengan menggunakan data yang didapatkan dari hasil pengukuran dan simulasi menggunakan ETAP Program, sehingga dapat diketahui seberapa besar pengaruh high-pass damped filter dalam mereduksi harmonik arus dan tegangan yang terdapat dalam sistem untuk menganalisis perancangan filter untuk beban FL-2 pada PL-LB/1.

Kata kunci : *Harmonik, desain, filter, perancangan, ETAP*

ABSTRACT

Harmonic current or voltage harmonics is one of the common problems in a power system that has components of non-linear load. Harmonic current or voltage harmonics can affect the stability of the power system and give a bad impact to other electrical components, Therefore required a step that needs to be done to minimize the adverse effects of the case one of them is by using a passive filter. The purpose of this research will be to design the model of High-Pass Damped Filter using data obtained from the measurement and simulation using ETAP Program, so it can be known how big influence of high-pass damped filter in reducing harmonic current and voltage contained in the system to analyze the design filters for FL-2 loads on PL-LB / 1.

Keywords: *Harmonic, design, filter, designing, ETAP*

PENDAHULUAN

Dalam suatu sistem tenaga listrik, baik itu beban listrik rumah tangga, gedung bertingkat, maupun industri pastilah terdapat beban linier dan beban non-linier. Beban linier memiliki bentuk gelombang sinusoidal yang sempurna sedangkan beban non-linier pada umumnya memiliki kumparan didalamnya dan mengandung bahan semi-konduktor sehingga membuat bentuk gelombang beban non-linier menjadi non-sinusoidal karena telah mengalami distorsi harmonik [Srivastava, ----, Apurva, 2015]

Harmonik merupakan gejala pembentukan gelombang dengan frekuensi yang bukan frekuensi dasarnya, jadi frekuensi yang terbentuk adalah perkalian bilangan bulat dengan frekuensi dasarnya sedangkan bilangan

bulat pengali frekuensi dasarnya adalah angka urutan dari harmonik tersebut [De la rosa, 2006, Pertiwi,----, Masri, 2004].

Salah satu penyumbang distorsi harmonik pada sistem kelistrikan proyek Mall Cipinang Indah Jakarta adalah pada PL-LB/1 dan PL-LB/2, dimana mayoritas beban pada panel-panel tersebut adalah beban non-linier berupa lampu-lampu Flourescent dan lampu hemat energi. Lampu-lampu tersebut pada umumnya memiliki rangkaian penyearah dan ballast didalamnya, sedangkan peralatan elektronik banyak menggunakan bahan semi-konduktor seperti Dioda, Silicon Controlled Rectifier (SCR), Transistor, dan peralatan semi-konduktor lainnya dimana bahan semi-konduktor inilah yang menyebabkan terjadinya distorsi arus dan tegangan, karena antara

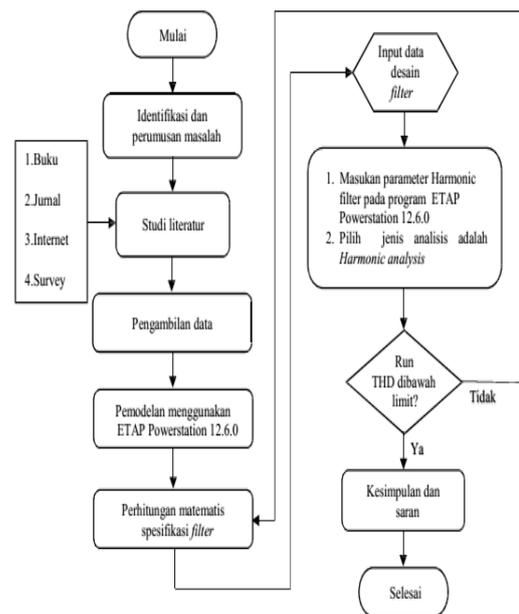
tegangan yang masuk pada sistem tidak sebanding dengan tegangan keluarannya atau dengan kata lain mengalami distorsi.

Menurut [IEEE Std 519-1992], lampu fluorescent merupakan salah satu sumber harmonik terbesar karena banyak penggunaannya dalam kehidupan saat ini dan dapat terakumulasi. Orde arus harmonik dominan muncul pada beban lampu fluorescent ini adalah pada orde ke-tiga, ke-lima dan ketujuh jika lampu fluorescent tersebut menggunakan ballast magnetik. Sedangkan pada lampu fluorescent yang menggunakan ballast elektronik, arus harmonik dominan muncul pada orde ke-lima [Baggini, 2008, Das, 2015].

Permasalahan harmonik pada PL-LB/1 dan PL-LB/2 di proyek Mall Cipinang Indah mempengaruhi kestabilan tegangan sehingga mengakibatkan flicker (berkedip-kedip) pada penerangan lantai Basement yang terjadi pada waktu dan periode tertentu. Sehingga dalam penelitian ini akan dikembangkan desain model dan perancangan dari model High-Pass Damped Filter, yang digunakan untuk mereduksi gangguan harmonik di sistem kelistrikan. Selanjutnya dianalisis perancangan filter untuk beban FL-2 pada PL-LB/1.

METODE PENELITIAN

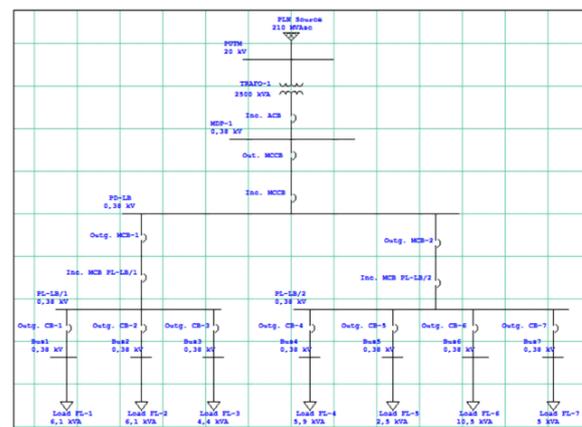
Metodologi atau pendekatan yang akan dilakukan adalah: Melakukan studi literatur dan melakukan analisis berdasarkan data-data awal dari penelitian sebelumnya mengenai model alat uji yang digunakan untuk mereduksi gangguan harmonik dari sistem kelistrikan serta pengambilan data dan pemodelan simulasi perancangan filter untuk beban FL-2 pada PL-LB/1 dengan ETAP Software.



Gambar 1. Alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Single line diagram yang dibuat pada software ETAP Powerstation 12.6.0 haruslah dengan memasukkan semua data teknis aktual masing-masing komponen, gambar single line diagram dapat dilihat pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. Pemodelan single line diagram yang telah dibuat pada ETAP Powerstation 12.6.0

Pada gambar diatas terlihat bahwa rangkaian single line diagram yang akan disimulasikan terdiri dari beberapa komponen, diantaranya yaitu power grid, bus, transformator, breaker dan beban. Beban masing-masing line pada PL-LB/1 dan PL-LB/2 diasumsikan sebagai beban 3 fasa dengan menggunakan daya 3 fasa

dan tegangan fasa ke fasa, hal ini perlu dilakukan untuk memudahkan simulasi pada ETAP Powerstation 12.6.0.

Perancangan High-pass Damped filter pada ETAP Powerstation 12.6.0 membutuhkan beberapa parameter-parameter diantaranya adalah :

1. Nilai daya reaktif yang digunakan untuk perbaikan faktor daya
2. Nilai reaktansi kapasitif untuk kompensasi daya reaktif
3. Reaktansi induktif atau reaktor filter
4. Nilai faktor quality (Q factor), nilai tipikal untuk high-pass filter adalah 0,5 sampai 5 (Jos Arillaga, 2003).

Secara umum, keempat parameter diatas dapat ditentukan menjadi 3 langkah kerja dalam perancangan high-pass damped filter, yaitu :

1. Mengidentifikasi orde harmonik berdasarkan hasil pengukuran aktual
2. Menentukan nilai Q_{var}
3. Menentukan nilai reaktansi dari kapasitor dan induktor

Perancangan filter ini akan didesain untuk mereduksi harmonik tegangan dan arus pada orde tersebut, sehingga penyetelan akan diturunkan sedikit dibawah orde yang dimaksud yaitu 2,9 agar ada toleransi dari komponen filter untuk mencegah adanya resonansi yang terjadi dalam sistem pada frekuensi yang mengganggu.

Untuk menentukan spesifikasi filter yang dibutuhkan untuk beban FL-4 pada PL-LB/2, maka memerlukan acuan berupa data beban FL-4 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 dibawah ini :

Tabel 1. Data beban pada FL-4

Line	PL-LB/1						
	Daya semu (kVA)	Daya aktif (kW)	Tegangan (kV)	Daya reaktif (kVAR)	Arus (A)	Frekuensi (Hz)	Faktor daya (%)
FL-1	6	5	0,38	4	9,1	50	80,5

Berdasarkan data dari tabel diatas, telah diketahui bahwa nilai faktor daya beban FL-4

adalah 0,805. Pendekatan pada kondisi nilai faktor daya maksimum dibutuhkan untuk mengantisipasi besarnya daya reaktif yang dibutuhkan dalam sistem, jika kita ingin memperbaiki nilai faktor daya hingga sebesar 0,98, maka besarnya daya reaktif yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$Q_{var} = \sqrt{\left[\frac{P_1}{PF_0}\right]^2 - P_1^2} - \sqrt{\left[\frac{P_1}{PF}\right]^2 - P_1^2} \quad (1)$$

Diperoleh $Q_{var} = 2,67$ kvar

Setelah mendapatkan nilai daya reaktif yang dibutuhkan, maka nilai reaktansi dari kapasitor dapat dicari dengan persamaan (2).

$$X_C = \frac{kV_{rated}^2}{M_{var}} \quad (2)$$

Diperoleh $X_C = 18,127 \Omega$

Dengan rating tegangan berkisar 0,22 kV dan besar daya reaktif sebesar 2,67 kvar, maka nilai reaktansi kapasitor adalah sebesar 18,127 Ω . Besar nilai kapasitansi dapat dihitung menggunakan persamaan (3).

$$C = \frac{1}{2\pi f X_C} \quad (3)$$

Diperoleh $C = 175,6 \mu F$

Dengan frekuensi fundamental sebesar 50Hz, maka diperoleh nilai kapasitansi sebesar 175,6 μF . Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai reaktor filter dengan menggunakan persamaan (4).

$$X_L = \frac{X_C}{n^2} \quad (4)$$

Diperoleh $X_L = 2,155\Omega$

Pada penjelasan sebelumnya telah diketahui bahwa orde harmonik yang akan di-filter adalah pada orde 3 dan penyetelan (n) diturunkan sedikit dibawahnya menjadi sekitar 2,9 hal ini dilakukan agar ada toleransi dari

komponen filter untuk mencegah adanya resonansi yang terjadi dalam sistem pada frekuensi yang mengganggu. Dari persamaan diatas maka diperoleh nilai reaktansi induktor sebesar 2,155 Ω . Menentukan nilai induktansi menggunakan persamaan (5) berikut:

$$L = \frac{X_L}{2\pi f} \quad (5)$$

Diperoleh $L = 6,86 \text{ mH}$

Dari persamaan tersebut didapat nilai induktansi induktor sebesar 6,86 mH. Menentukan karakteristik reaktansi untuk mencari besar nilai resistansi yang dibutuhkan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (6).

$$X_n = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (6)$$

Diperoleh $X_n = 0,197 \Omega$

Maka didapatkan nilai 0,197 Ω dari persamaan tersebut. Langkah selanjutnya adalah menentukan besarnya resistansi filter dari nilai karakteristik reaktansi yang didapat dengan menggunakan persamaan (7).

$$R = X_n \cdot Q \quad (7)$$

Diperoleh $R = 0,985 \Omega$

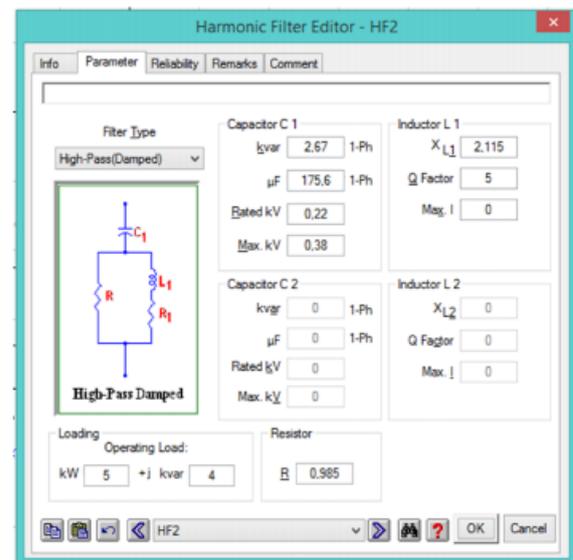
Dari persamaan tersebut didapat nilai resistansi filter sebesar 0,985 Ω . Seperti yang telah dijelaskan diatas, nilai faktor quality (Q factor) tipikal untuk high-pass filter adalah berkisar dari 0,5 hingga 5 (Jos Arillaga, 2003). Dalam percobaan ini digunakan nilai faktor quality tertinggi yaitu 5.

Dari hasil beberapa tahap perhitungan diatas, maka didapatkan beberapa nilai yang akan dimasukkan sebagai spesifikasi desain high-pass damped filter pada ETAP Powerstation 12.6.0 seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi filter untuk beban FL-2

Spesifikasi Filter FL-2					
Qvar (kvar)	C (μF)	X_L (Ω)	R (Ω)	kV Rated	Q factor
2,67	175,6	2,155	0,985	0,22	5

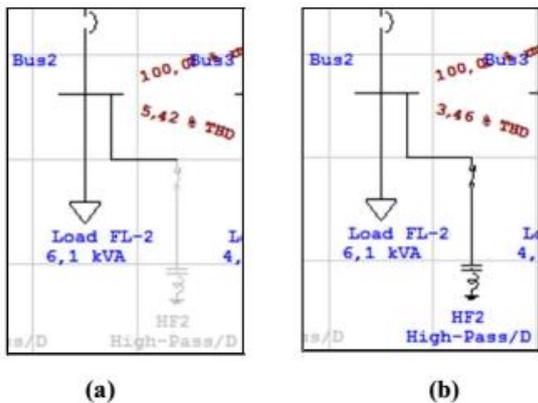
Dari hasil perhitungan matematis untuk spesifikasi filter seperti yang telah ditunjukkan pada Tabel 2 diatas, hal selanjutnya adalah dengan meng-klik ikon Harmonic filter pada toolbar ETAP Powerstation 12.6.0, lalu masukkan nilai spesifikasi filter pada Harmonic filter editor seperti Gambar 3 dibawah ini.



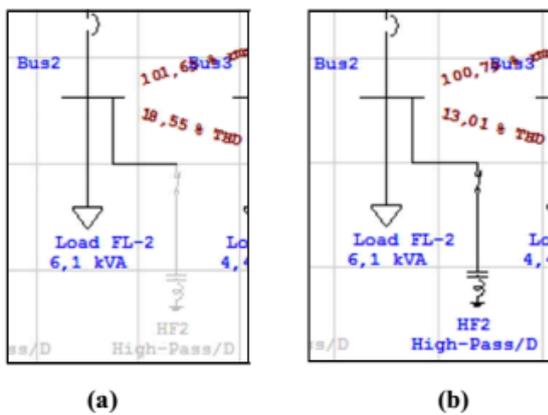
Gambar 3. Harmonic filter editor FL-2

Setelah input parameter spesifikasi filter telah dilakukan maka tahap selanjutnya adalah dengan menentukan Harmonic analysis study case sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan. Langkah selanjutnya adalah dengan menjalankan simulasi sistem untuk mengetahui nilai THDv dan THDi dengan meng-klik ikon run harmonic load flow. Setelah itu tentukan apakah yang ingin ditampilkan pada layout ETAP Powerstation 12.6.0, harmonik arus atau harmonik tegangan dalam sistem. Dibawah ini merupakan tampilan harmonik arus dan tegangan pada bus beban FL-2 pada saat

sebelum dan setelah pemasangan filter, seperti pada Gambar 4 dan Gambar 5.

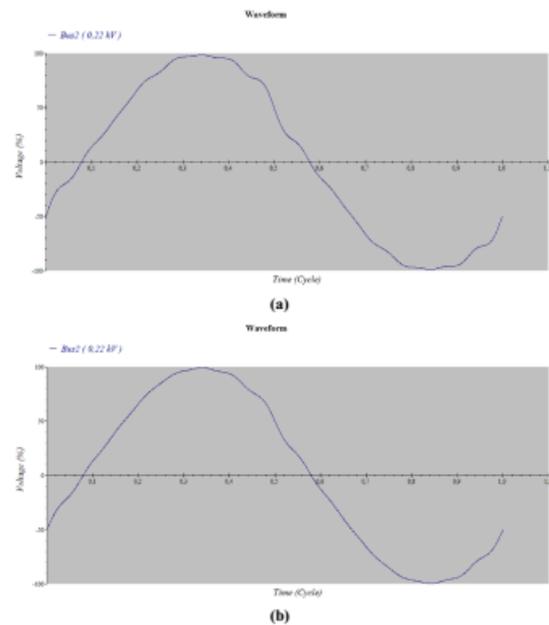


Gambar 4. a. Tampilan THDv pada beban FL-2 sebelum pemasangan filter; b. Tampilan THDv pada beban FL-2 setelah pemasangan filter

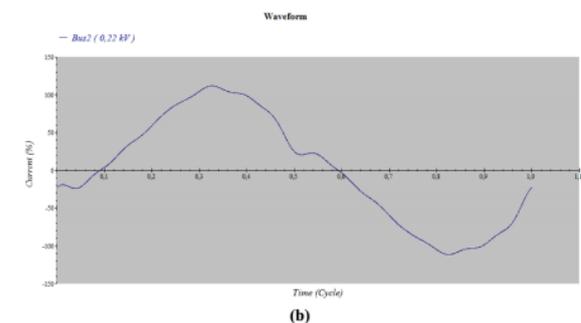
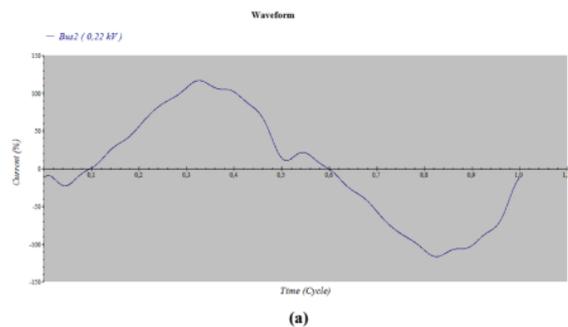


Gambar 5. a. Tampilan THDi pada beban FL-2 sebelum pemasangan filter; b. Tampilan THDi pada beban FL-2 setelah pemasangan filter

Tampilkan bentuk gelombang sebelum dan setelah pemasangan filter dengan melakukan pengaturan melalui skenario tertentu melalui configuration manager, maka bentuk gelombang pada beban FL-2 dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7 dibawah ini.



Gambar 6. a. Bentuk gelombang THDv FL-2 sebelum pemasangan filter; b. Bentuk gelombang THDv FL-2 setelah pemasangan filter



Gambar 7. a. Bentuk gelombang THDi FL-2 sebelum pemasangan filter; b. Bentuk gelombang THDi FL-2 setelah pemasangan filter

Tabel 3 dibawah ini menunjukkan perbandingan perbaikan nilai THD arus dan tegangan di beban FL-2 pada saat sebelum dan setelah pemasangan filter.

Tabel 3. Nilai THDi dan THDv FL-2 sebelum dan setelah pemasangan filter

PL-LB/1					
No.	Line	Sebelum		Setelah	
		THDi (%)	THDv (%)	THDi (%)	THDv (%)
1	FL-2	18,55	5,42	13,01	3,46

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka kesimpulannya adalah sebagai berikut: Nilai THDi dan THDv FL-2 sebelum dan setelah pemasangan filter dengan menggunakan ETAP Powerstation adalah 18,55; 5,42 (%) dan setelahnya diperoleh 13,01; 3,46 (%).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menghaturkan ucapan terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia dan Kopertis Wilayah III serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Jakarta, yang telah mendukung dan mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Produk Terapan pada Tahun 2017. Nomor: 0404/K3/KM/2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Arrillaga, J, Watson, N R, 2003, *Power System Harmonics*, Wiley Press
- Baggini, Angelo, 2008, *Handbook of Power Quality*, John Wiley & Sons Ltd
- Das, J C, 2015, *Power System Harmonics and Passive Filter Designs*, IEEE Press
- De La Rosa, Francisco, 2006, *Harmonics and Power Systems*, CRC Press
- Dugan, Roger C., McGranaghan, Mark F., Santoso, Surya, Beaty, H Wayne, 2004, *Electrical Power System Quality*, Second Edition, McGraw-Hill
- IEEE Std 519-1992, *Recommendation Practice and Requirement for Harmonics Control in Electrical Power System*, Revision of IEEE Std 519-1981
- Masri, Syafrudin, 2004, *Analisis Kualitas Daya Sistem Distribusi Perumahan Modern*, Vol-3
- Pertiwi, Velayati Puspa, Perancangan second order damped filter untuk mereduksi masalah harmonik pada beban non-linear menggunakan ETAP Powerstation 7.0.0, Skripsi, Program Sarjana FTUI, Depok, pp. 39-42
- Srivastava KK, Saquib S, Anand VP, 2013, *Harmonics and its mitigation technique by Passive Shunt Filter*, IJSCE, Vol-3, Issue-2
- Tomar Apurva, 2015, *Reduction in Total Harmonic Distortion by Multilevel Inverters and Passive Filter*, IJERR,