

ANALISIS PENGARUH PENGATURAN DAYA REAKTIF UNTUK FILTER HARMONIC TERHADAP PERUBAHAN THD_i PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

I Wyan Rinas¹, A. A Gede Maharta Pемыun, I Made Suartika²

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

rinas@unud.ac.id¹, maharta.pемыun@unud.ac.id², madesuartika@unud.ac.id

ABSTRAK

Filter harmonik digunakan untuk mereduksi distorsi harmonisa pada sistem tenaga listrik. Pada filter aktif biasanya dapat dilakukan pengaturan daya reaktif (Q_c) yang dibutuhkan. Pada penelitian ini dilakukan analisis pengaturan Q_c pada filter Aktif untuk mengetahui efektifitas kerja filter sehingga didapatkan THD_i (*total harmonic distortion*) yang sesuai dengan standar IEEE 519-2014 (8%). Hasil analisa Q_c terkecil yg masih dapat meredam distorsi harmonisa pada kondisi memenuhi standar IEEE 519-2014 adalah Q_c 55 % dari daya reaktif maksimal dengan THD_i untuk pasa R = 7,38 %; S = 7,81%; dan T = 5,94 %. Diperlukan control untuk mengatur Q_c pada filter, karena nilai Q_c akan terus berubah mengikuti beban listrik yang dioperasikan.

Kata kunci : filer aktif, distorsi harmonisa, THD_i dan Daya Reaktif

ABSTRACT

Harmonic filters are used to reduce harmonic distortion in electric power systems. In active filters, usually the required reactive power (Q_c) can be adjusted. In this study, an analysis of the Q_c setting on the Active filter was carried out to determine the effectiveness of the filter so that the THD_i (total harmonic distortion) was obtained which was in accordance with the IEEE 519-2014 standard (8%). The results of the analysis of the smallest Q_c which can still reduce harmonic distortion when meeting the IEEE 519-2014 standard is Q_c 55% of the maximum reactive power with THD_i for pasa R = 7.38%; S = 7.81%; and T = 5.94%. Control is needed to adjust the Q_c on the filter, because the Q_c value will continue to change according to the electric load being operated.

Key words: active filter, harmonic distortion, THD_i and Reactive Power

1. PENDAHULUAN

Pengoperasian beban nonlinier tidak dapat dihindari, karena sebagian besar peralatan listrik menggunakan rangkaian elektronika daya sehingga memiliki bentuk gelombang non-sinusoidal. Harmonisa merupakan suatu fenomena yang timbul akibat pengoperasian beban nonlinier, sebagai sumber terbentuknya gelombang frekuensi tinggi[1][2][4].

Tingginya kandungan harmonisa akan berpengaruh pada meningkatnya resonansi system, menurunkan efisiensi dan

interferensi pada system pengaman [3][5][6].

Tingkat *total harmonic distortion* (THD) yang tinggi pada trafo, dapat dikategorikan sebagai gangguan sistem karena bisa menimbulkan implikasi negatif terhadap trafo seperti terjadinya pemanasan berlebih (*overheating*), peningkatan rugi-rugi (*losses*), timbulnya rugi-rugi pada konduktor kabel dan kawat transmisi, generator sinkron, peralatan sistem proteksi dan motor listrik. Semakin tinggi THD, maka semakin tinggi *losses* pada saluran sehingga efisiensi trafo akan semakin menurun [2] [3][4][6].

Salah satu upaya pengurangan arus harmonisa adalah dengan mengoperasikan filter harmonisa. Filter harmonisa merupakan suatu teknologi elektronika daya untuk menghasilkan komponen arus spesifik yang bertujuan untuk meredam arus harmonisa yang dihasilkan oleh beban non linier. Salah satu filter yang digunakan untuk meredam harmonisa adalah filter aktif [2][3][5].

Pengoperasian filter Aktif dapat mereduksi harmonisa pada system tenaga listrik sehingga diperlukan pengaturan daya reaktif (Q_c) yang efisien. Pengaturan daya reaktif pada filter aktif dapat diperoleh dengan menentukan faktordaya yang selanjutnya hasil dari faktordaya tersebut akan menentukan nilai daya reaktif filter seperti nilai kapasitor, inductor dan resistor.

Berdasarkan latar belakang tersebut akan dilakukan penelitian dengan judul Analisis pengaruh pengaturan daya reaktif untuk filter harmonic terhadap perubahan THDi pada system tenaga listrik menggunakan simulasi Matlab Simulink.

2. HARMONISA

Salah satu penyebab menurunnya kualitas daya listrik adalah harmonisa yang meningkat, dalam instalasi satu pelanggan mungkin dapat menyebabkan propagasi pada jaringan sehingga dapat mempengaruhi pelanggan yang lain. Masalah harmonik dapat dikurangi dengan kombinasi dari desain dan penggunaan peralatan reduksi harmonisa yang terjamin [4].

2.1 THD (Total Harmonic Distortion)

THD adalah ukuran dari nilai efektif bentuk gelombang yang terdistorsi dari komponen harmonisa .THD juga dapat didefinisikan sebagai rasio antara nilai RMS dari komponen harmonisa dan nilai RMS dari fundamental. Harmonik tegangan atau arus diukur dari besarnya masing-masing komponen harmonik terhadap komponen dasarnya dan dinyatakan dalam prosen [Dugan, R.C; McGranaghan, M.F; Santoso; Beaty, H.W. 2003].% THDi adalah persentase jumlah total arus yang terdistorsi oleh harmonisa .[4]:

$$THD_i = \frac{\sum_{h=1}^{\infty} \sqrt{I_h^2}}{I_i} \tag{1}$$

Dimana :

I_h = Arus harmonisa; h = Harmonisa;
 I_i = Arus yang mengambil daya beban elektronik

Untuk standar harmonisa , IEEE telah mengeluarkan stadar seperti IEEE Std 519-2014, dan untuk menghitung standar THD arus dapat menggunakan persamaan (2) seperti berikut:

$$S_{cr} = I_{sc} / I_L \tag{2}$$

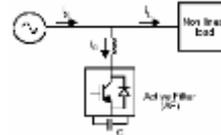
dimana S_{cr} = short circuit ratio; I_{sc} = arus hubung singkat; I_L = arus beban penuh

Tabel 1 Standar Distorsi Harmonik Arus dengan rating tegangan 120 V - 69 kV [8]

Maximum harmonic current distortion in percent of I_L						
Individual harmonic ordee (odd harmonic) ^{a,b}						
I_{sc}/I_L	$3 \leq h \leq 11$	$11 \leq h \leq 17$	$17 \leq h \leq 23$	$23 \leq h \leq 35$	$35 \leq h \leq 50$	THD
< 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

2.2 Filter Aktif

Filter aktif adalah rangkaian elektronika yang terdiri dari komponen R, L, dan C yang dirancang untuk meredam harmonisa pada beban non linier dalam sistem tenaga karena filter pasif selalu bermasalah apabila gangguan tersebut semakin besar dan kontinyu. Filter aktif menginjeksikan arus untuk meredam harmonisa yang terkandung pada arus beban. Arus output I_L menjadi sinusoidal dan mempunyai kualitas yang baik.



Gambar 1 Konfigurasi Filter aktif [7] (Sumber : izhar).

Untuk menentukan nilai daya reaktif, dapat dilakukan langkah seperti berikut:

1. Menentukan daya reaktif:

$$Q_c = P(\tan\theta_1 - \tan\theta_2) \quad (3)$$

2. Perhitungan kapasitor C:

$$Q_c = \frac{V^2}{X_c} \quad (4)$$

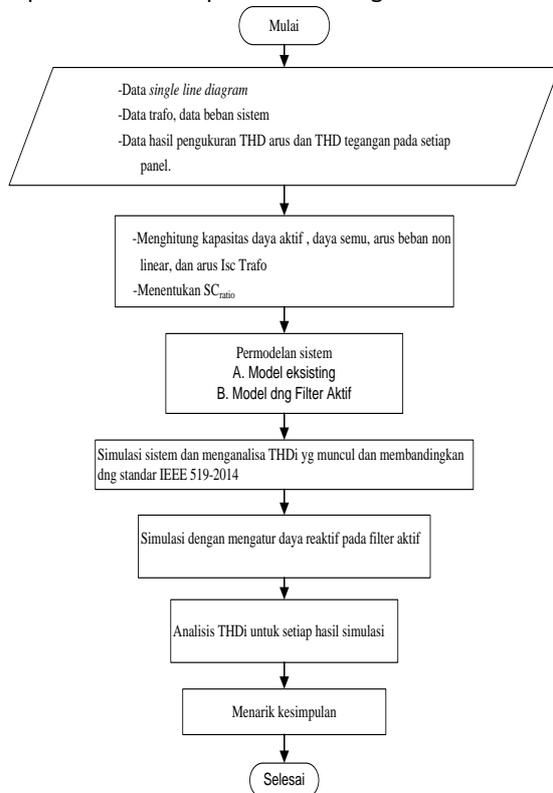
$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \quad (5)$$

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

Keterangan: Q_c = daya reaktif; X_c = reaktansi kapasitif ; C = nilai kapasitor ; V = tegangan ; f = frekuensi .

3. METODELOGI

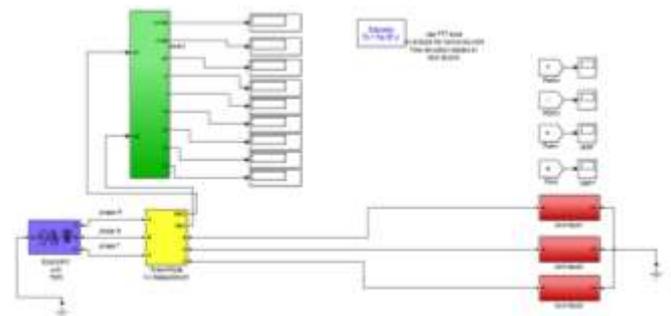
Analisa penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan seperti: mencari data one-line diagram system, data trafo, data hasil pengukuran THD arus, hasil pengukuran tegangan kerja, arus beban dan daya aktif dan factor daya sistem. Tahapannya seperti diperlihatkan pada gambar 2:



Gambar 2 Alur Analisa

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

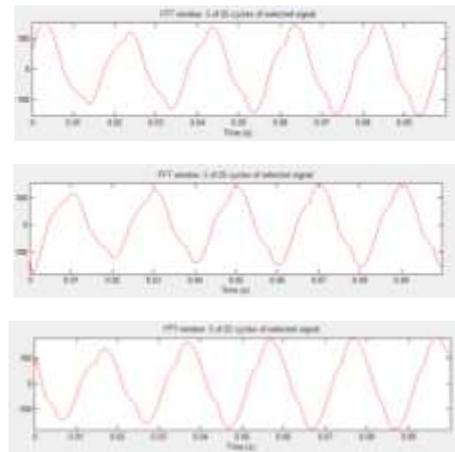
Penelitian dilaksanakan pada sistem tenaga listrik dengan data trafo 20 kV/400 V , kapasitasnya 100 kVA, Cos ϕ 85. Langkah pertama adalah membuat pemodelan system pada kondisi eksisting dan kondisi menggunakan Filter Aktif. Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan (5) daya reaktif Q_c akan ditentukan, selanjutnya akan dicoba mensimulasikan nilai Q_c tersebut dengan cara mensetting daya reaktif dengan beberapa nilai Q_c Pada block parameter Filter Aktif. Nilai THDi (arus harmonisa) standard untuk system ini adalah 8 %.



Gambar. 3 Pemodelan Sistem

4.1 Simulasi pada kondisi exiting

Untuk melihat perubahan distorsi harmonisa arus yang terjadi, perlu melakukan simulasi pada kondisi eksisting seperti berikut:



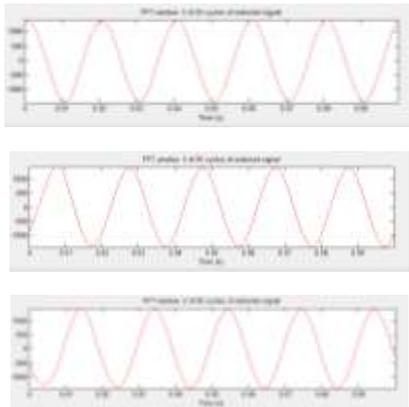
Gambar 4 Bentuk Gelombang Harmonisa arus yang terdistorsi (pasa R,S dan T)

Pada kondisi eksisting simulasi dilakukan dengan data-data parameter pada

kondisi sebenarnya yang didapat dilapangan. Dari hasil simulasi didapat nilai THDi untuk masing-masing pasanya adalah: THDi R = 15,44 %; S = 15,60 %; T = 11,36 %.

4.2 Simulasi dengan pengoperasian Filter Aktif

Dengan menggunakan pemodelan yang menggunakan Filter aktif didapatkan hasil Simulasi seperti gambar5:



Gambar 5 Bentuk Gelombang Harmonisa dengan mengoperasikan filter aktif (pasa R,S dan T)

Untuk mengetahui pengaruh nilai daya Reaktif (Q_c) yang di-seting pada Filter Aktif dapat dilakukan dengan merubah nilai daya reaktif pada blokc parameter filter untuk masing-masing nilai yang ingin dicoba menggunakan persamaan (2), dan hasilnya didapatkan seperti tabel 2 berikut:

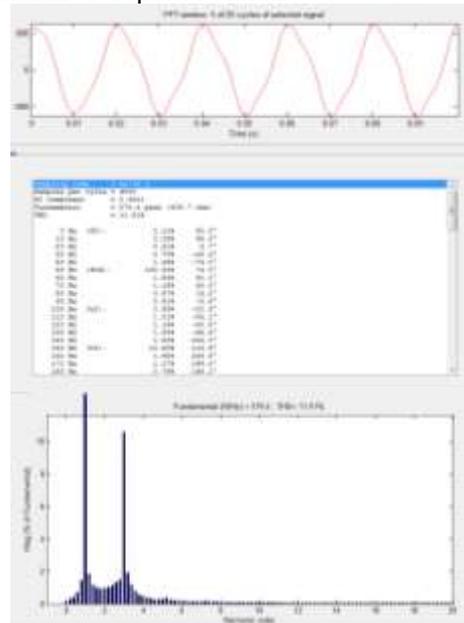
Tabel 2. Nilai THDi dari hasil simulasi dengan beberapa nilai Q_c

(Q_c) (%)	(Q_c) (Kvar)	THDi (%)			Standar IEEE
		R	S	T	
100	319,68	2,41	2,69	2,99	memenuhi
95	303,696	2,59	2,88	3,13	memenuhi
90	287,712	2,79	3,09	3,29	memenuhi
85	271,728	3,04	3,35	3,48	memenuhi
80	255,744	3,35	3,66	3,69	memenuhi
75	239,76	3,74	4,05	3,95	memenuhi
70	223,776	4,25	4,57	4,27	memenuhi
65	207,792	4,95	5,28	,674	memenuhi
60	191,808	5,95	6,31	5,20	memenuhi
55	175,824	7,38	7,81	5,94	memenuhi
50	9,8415	9,35	9,95	6,97	tidak
45	143,856	11,51	12,5	8,26	tidak

4.3 Simulasi Filter Aktif untuk Prosentase daya reaktif dengan THDi mendekati / tidak memenuhi standar IEEE

Setingan dengan prosentase Q_c 50 % akan membangkitkan distorsi arus untuk

masing-masing pasanya adalah; pasa R = 9,35 % , pasa S = 9,95 % dan pasa T = 6,97 % . Sedangkan dengan prosentase Q_c 45 % didapatkan hasil simulasi dengan distorsi arus total adalah: pasa R = 11,51 % , pada S = 12,5 % dan pasa T = 8,26 % . Bentuk distorsi gelombang, orde harmonisa dan bentuk spektrum pada pasa R untuk prosentase Q_c 45 % dapat dilihat seperti gambar 6 seperti berikut.



Gambar 6 Bentuk Gelombang, orde dan spektrum Harmonisa untuk Q_c 45 %

4.3 Analisa hasil simulasi

Hasil simulasi pada kondisi eksisting dan dengan filter aktif dapat dilihat seperti pada gambar 6 seperti berikut:



Gambar 7. Kurva THDi dengan nilai Q_c 45%-100% untuk pasa R, S dan T.

Hasil simulasi pada kondisi eksisting masih menghasilkan THDi jauh di atas standar THDi yang ditentukan (8%) yaitu untuk pasa R = 15,44 %; S = 15,60 %; T = 11,36 %.

Dengan menggunakan filter aktif didapatkan hasil simulasi dengan nilai untuk masing-masing pisa R = 2,4 %; S = 2,69 %; T = 2,99 %.

Analisa pemilihan Qc untuk mendapatkan nilai Qc terkecil tetapi THDi yang dibangkitkan masih memenuhi standar, didapatkan pada setingan Qc 55% dari Qc Filter aktif. Hasil simulasinya adalah, pisa R = 7,38 %; S = 7,81%; dan T = 5,94 %.

5. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan, nilai seting terkecil dari daya reaktif filter untuk Qc 45 % - 95 % didapatkan nilai THDi yang masih memenuhi standar (8%) adalah pada pada setingan daya reaktif Qc sebesar 55% dengan hasil simulasi untuk masing-masing pisa adalah pisa R = 7,38 %; S = 7,81%; dan T = 5,94 %.

Untuk mendapatkan THDi yang standar, diperlukan control untuk nilai Qc yang digunakan, karena nilai ini akan selalu berubah mengikuti beban listrik yang dioperasikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arrilaga, J; Bradley, D.A; Bodger, P.S. 1985. **Power System Harmonics**. London : British Library.
- [2] Buhron, H; Sutanto, J. 2001. **Implikasi Harmonisa dalam Sistem Tenaga Listrik dan Alternatif Solusinya**. Dept. Teknik Energi Politeknik Negeri Bandung, Dept. Teknik Elektro Universitas Siliwangi Tasikmalaya dan Staf Operasi Distribusi PLN Distribusi Jawa Barat dan Banten.
- [3] Burke, J. 1994. **Power Distribution Engineering – Fundamentals and Applications**. New York : Marcel Dekker INC
- [4] Dugan, R.C; McGranaghan, M.F; Santoso; Beaty, H.W. 2003. **Electrical Power System Quality - Second Edition**. USA : McGraw-Hill.
- [5] Mielczarski, W. 1997. **Quality of Electricity Supply and Management of Network Losses**. Melbourne : Puma Press Publishing and Printing.
- [6] Tribuana, W. 1999. **Pengaruh Harmonik pada Transformator Distribusi**. Diakses dari <http://www.elektroindonesia.com/elektro/ener25.html>. Tanggal 24 Oktober 2009.
- [7] Izhar. M. et al. "Performance for Passive and Active Power Filter in Reducing Harmonics in the Distribution System", *National Power & Energi Conference (PECon) 2004, IEEE Proceedings*, Kuala Lumpur, Malaysia, pp. 104-108, 2004.
- [8] IEEE 519-2014. *IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems*.