

PERENCANAAN DAN ANALISIS PENENTUAN LETAK FILTER HARMONIK PADA SISTEM TENAGA LISTRIK

Andi Syofian¹⁾, Anju Martulesi²⁾, Nining Nadya³⁾

Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang¹⁾
Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Padang^{2,3)}
Jln. Gajah Mada kandis Nanggalo Padang Telepon 0751-55202, 51355
E-mail : syofian_andi@Yahoo.com

Abstrak

Peran teknologi elektronika daya dalam sistem tenaga listrik sangat besar. Biasanya peralatan-peralatan ini menarik arus dari sumber dengan bentuk nonsinusoidal atau mengandung harmonisa. Peralatan semacam ini diklasifikasikan sebagai beban non linear. Dengan adanya harmonisa, arus yang dipakai oleh beban menjadi tidak maksimal sehingga rugi-rugi menjadi bertambah dan berdampak terhadap penurunan faktor daya sistem. Faktor daya yang rendah mengakibatkan berkurangnya kehandalan dan kapasitas sistem, meningkatkan rugi-rugi tembaga, mengakibatkan menambah biaya pembangkitan oleh PLN.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis besarnya pengaruh harmonisa pada sistem tenaga, merancang tapis paralel pasif (TPP) sebagai minisator, dan menentukan letak TPP agar diperoleh pengurangan THDv yang optimum.

Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa tapis paralel pasif (TPP) dapat direkomendasikan sebagai kompensator daya reaktif pada frekuensi fundamen dan sebagai meministrator harmonisa.

Kata kunci : Harmonisa, Tapis Paralel Pasif

PENDAHULUAN

Dunia industri pada umumnya menggunakan peralatan berbasis elektronika daya. Biasanya peralatan-peralatan ini menarik arus dari sumber dengan bentuk nonsinusoidal atau mengandung harmonisa. Peralatan semacam ini biasanya diklasifikasikan sebagai beban nonlinier. Dengan adanya harmonisa, arus yang dipakai beban menjadi tidak maksimal sehingga rugi-rugi menjadi bertambah dan berdampak terhadap penurunan faktor daya sistem.

Pihak PLN menetapkan faktor daya diatas dari 0.85, jadi apabila faktor daya sistem kurang dari yang ditetapkan maka perusahaan akan terkena denda (*pinalty*). Selain itu faktor daya yang rendah mengakibatkan berkurangnya keandalan dan kapasitas sistem, meningkatkan rugi-rugi tembaga (I^2R), menambah biaya pembangkitan. Dengan perbaikan kualitas daya akan memperpanjang usia pakai peralatan dan mengurangi biaya perawatan.

Kapasitor koreksi faktor daya (*Bank Kapasitor = BK*) digunakan pada sistem untuk meningkatkan faktor daya akibat penggunaan beban induktif. Akan tetapi pada sistem tenaga dengan beban nonlinier yang terpasang, penggunaan BK justru akan menimbulkan banyak masalah. Diantaranya adalah impedansi

kapasitor menurun dengan meningkatnya frekuensi. Akibatnya arus harmonisa akan cenderung mengalir pada kapasitor sehingga kapasitor bisa mengalami arus lebih dan cepat rusak. BK yang terpasang paralel dengan sumber akan membentuk rangkaian resonansi paralel dengan induktansi sumber. Jika frekuensi resonansi ini berimpit dengan frekuensi harmonisa maka akan terjadi resonansi, sehingga harmonisa beban akan diperkuat dan mengakibatkan sisi sumber bisa terjadi arus lebih dan tegangan lebih.

Merujuk standart IEEE 519-1992 ada tiga solusi untuk mengendalikan arus harmonik, yaitu:

- Pergeseran fasa (*phase multiplication*)
- Injeksi atau kompensasi arus harmonik (*harmonic compensation or injection*)
- Tapis paralel (*shunt filter*)

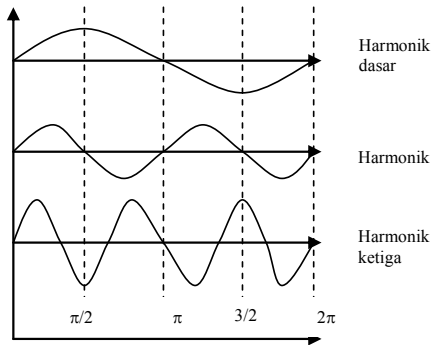
Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis besarnya pengaruh harmonisa pada sistem tenaga. Dengan mengetahui harmonisa yang ada maka timbul perkiraan menggunakan TPP sebagai minimisator.

TEORI

Harmonisa

Harmonisa adalah satu komponen sinusoidal dari satu perioda gelombang yang mempunyai satu frekuensi yang merupakan kelipatan integer dari gelombang

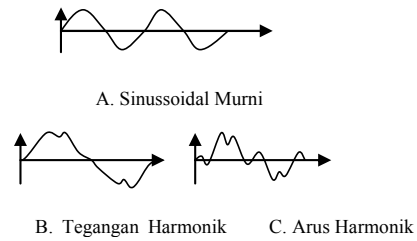
fundamental. Jika frekuensi fundamental suatu sistem adalah f_0 , maka frekuensi harmonisa orde ke- h adalah hf_0 . Harmonisa biasa digunakan untuk mendefinisikan distorsi gelombang sinus arus dan tegangan pada amplitudo dan frekuensi yang berbeda.. Tegangan harmonisa ini muncul sebagai akibat dari adanya arus harmonisa yang mengalir pada jaringan arus bolak-balik. Tegangan ini akan berinterferensi dengan tegangan frekuensi dasar yang akan menyebabkan naiknya tegangan efektif. Gelombang arus maupun tegangan pada frekuensi harmonisa akan menghasilkan gelombang total. Gelombang ini dihasilkan dari superposisi pada bentuk gelombang dengan frekuensi berbeda. Gelombang dasar dan kelipatannya berbentuk deret harmonisa. Gelombang dasar disebut sebagai harmonisa pertama. Harmonisa kedua mempunyai frekuensi kedua dan seterusnya, seperti yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Bentuk gelombang harmonisa

Penyebab Harmonisa

Harmonisa disebabkan oleh beban yang tidak seimbang, yang merupakan peralatan elektronik yang didalamnya terdapat komponen semikonduktor. Dalam sistem tenaga listrik dikenal dua jenis beban yaitu beban linear dan beban non linier. Beban linier yang memberikan bentuk gelombang keluaran linier dimana arus yang mengalir akan sebanding dengan impedansi dan perubahan tegangan, sedang beban non linear bentuk gelombang keluarannya tidak sebanding dengan tegangan dalam tiap setengah siklus sehingga bentuk gelombang arus maupun tegangan keluarannya tidak sama dengan gelombang masukan. beban non-linier yang terpasang pada sistem. Penggunaan beban ini yang mengakibatkan arus dan tegangan terdistorsi. Beban nonlinier yang terpasang menyebabkan arus bervariasi sehingga tak sebanding dengan tegangan selama setiap setengah periode.



Gambar 2. Bentuk gelombang arus dan tegangan harmonisa

Total Harmonic Distortion (Thd)

Untuk menyatakan besarnya kandungan arus dan tegangan harmonisa diperlukan suatu indeks umum yang disebut *Total Harmonic Distortion* (THD), yang didefinisikan sebagai berikut :

THD tegangan :

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_1} \times 100 \quad (1)$$

THD arus :

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_1} \times 100 \quad (2)$$

Indeks ini didefinisikan sebagai perbandingan nilai *rms* komponen harmonik terhadap komponen dasar dan biasanya dinyatakan dalam persen (%). Indeks ini digunakan untuk mengukur penyimpangan (*deviation*) dari bentuk gelombang satu periode yang mengandung harmonik pada gelombang sinus sempurna. Untuk gelombang sinus ideal pada frekuensi fundamen, THD akan bernilai nol.

Perhitungan Harmonisa Pada Jaringan Distribusi

Untuk menghitung harmonisa pada jaringan distribusi, digunakan persamaan-persamaan berikut ini:

- Tegangan harmonisa

Tegangan harmonisa ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{mh} = V \times \sqrt{2} \times \sin \phi_v$$

- Arus

Arus harmonisa ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$I_{mh} = I \times \sqrt{2} \times \sin \phi_i \quad (4)$$

- Faktor daya

Faktor daya harmonisa ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\phi_h = \phi_v - \phi_i \quad (5)$$

- Daya reaktif

Daya reaktif harmonisa ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_h = V_h \times I_h \times \sin \phi_h \quad (6)$$

- Daya aktif

Daya aktif harmonisa ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$P_h = V_h \times I_h \times \cos \phi_h \quad (7)$$

- Daya semu

Daya semu harmonisa ditentukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$S_h = P_h + jQ \quad (8)$$

Sehingga jika dibandingkan dengan nilai THD arus yang terukur akan didapatkan persentase kesalahannya sebagai berikut:

$$\%E_{\text{THD}} = \frac{(\text{THD}_{\text{ukur}} - \text{THD}_{\text{hitung}})}{\text{THD}_{\text{ukur}}} \times 100\% \quad (9)$$

Filter Pasif (Passive Filter)

Filter pasif terdiri dari elemen induktansi, kapasitansi dan resistansi (RLC).

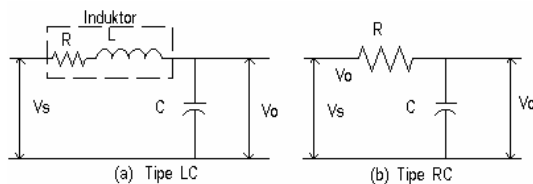
Rangkaian tapis pasif pelewat rendah yang terdiri dari komponen induktansi L, tahanan dalam R dan kapasitor C, maka kualitas atau ketajaman penalaan tapis sangat dipengaruhi oleh faktor kualitas (*quality factor*) Q yang dapat dinyatakan dengan menggunakan persamaan (10).

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (10)$$

Pada penelitian ini nilai induktansi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (11) dengan menentukan nilai kapasitornya

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C} \text{ Hendry} \quad (11)$$

$$C = \frac{1}{\omega_0^2 L} \text{ Farad} \quad (12)$$



Gambar 3. Rangkaian filter pasif pelewat rendah

Tipe filter pasif yang digunakan adalah tipe LC, dimana nilai impedans rangkaian filternya dapat ditentukan dengan persamaan (17) pada sisi sumber atau input, dan pada sisi out put nilai impedans dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan (13).

$$Z = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \quad (13)$$

$$Z = \frac{1}{j\omega C} \quad (14)$$

Bagian imajiner impedans pada persamaan (2.21) akan mempunyai nilai nol jika :

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad (15)$$

sehingga nilai ω adalah

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}} \quad (16)$$

dimana $\omega_0 = 2 \pi f$ dengan f_0 merupakan frekuensi resonansi atau cut-off dimana nilai impedansi bagian imajiner pada frekuensi ini adalah nol (David Irwin, 1996)

Tipe yang paling sederhana dari filter pasif adalah Tapis Penala Tunggal (TPP), tersusun dari tahanan R induktansi L dan kapasitansi C yang terhubung seri seperti pada gambar 3a Hubungan antara impedansi tapis dan frekuensi untuk nilai R, L dan C tertentu diperlihatkan pada gambar 3b dengan frekuensi resonansi 50 Hz Impedansi tapis:

$$Z = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \quad (17)$$

Nilai impedansi tergantung pada nilai R, L, C dan f. Sedangkan Q didefinisikan sebagai perbandingan induktans (atau kapasitans) dan tahanan pada frekuensi resonansi. Nilai impedansi terkecil terjadi pada ω_0 apabila:

$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C} \quad (18)$$

Nilai Q menentukan Ketajaman penalaan dengan Q adalah:

$$Q = \frac{X_0}{R} \quad (19)$$

Tapis peredam orde pertama terdiri atas tahanan R dan induktansi L yang tersusun seri. Hubungan antara impedansi dan frekuensi untuk nilai R dan L tertentu dengan Impedansi tapis adalah:

$$Z = R + j\omega L \quad (20)$$

Nilai impedansi tergantung pada nilai R, L dan f, sedangkan kecuraman grafik pada tergantung pada Q dengan Q adalah:

$$Q = \frac{X_0}{R} \quad (21)$$

Filter pasif tersusun dari kapasitor dan induktor yang bekerja pada frekuensi yang di sertingkan dengan cara menahan sebahagian frekuensi sesuai dengan rancangan filter.

Hubungan Harmonisa Dengan Faktor Daya

Dengan adanya harmonisa yang mencemari sistem distribusi elektrik maka sistem akan bekerja dari peralatan-peralatan elektronik juga terganggu, selain itu harmonisa mengakibatkan pengaruh buruk pada faktor daya. Semakin besar kandungan harmonisa maka semakin besar pula nilai THD. Akibatnya, semakin besar nilai THD maka semakin besar pula perbedaan antara nilai rms arus total dengan nilai rms arus dasar.

Daya sesaat yang diserap beban adalah:

$$P = V_S I_S \quad (22)$$

Daya ini mempunyai nilai rata-rata sebagai berikut:

$$P = V_S I_S \cos \phi \quad (23)$$

Jadi hanya komponen dasar aruslah yang ikut berkontribusi pada daya rata-rata beban. Daya kompleks atau data tampak (apparent power) dari beban adalah:

$$S = V_S I_S \quad (24)$$

Faktor daya beban didefinisikan sebagai berikut:

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{I_1}{I_S} \cos \phi_1 \quad (25)$$

Dimana $\cos \phi_1$ adalah faktor daya konvensional atau faktor daya beban jika arusnya sinusoidal.

Perhitungan Pemasangan Filter Pasif Untuk Mengurangi Harmonisa

Daya semu beban dihitung dengan persamaan:

$$MVA_{\text{beban}} = \frac{MW}{PF} \quad (26)$$

Daya reaktif sebelum kompensasinya adalah:

$$MVAR = MVA (\sin \cos^{-1} \phi) \quad (27)$$

Daya reaktif sesudah kompensasi adalah:

$$MW = MVA (\sin \cos^{-1} \phi_2) \quad (28)$$

Daya aktif sesudah kompensasi adalah:

$$MW = MVA (\cos \phi_2) \quad (29)$$

Maka didapatkan:

$$MVAR_{\text{kapasitor}} = MVAR_{\text{sebelum kompensasi}} - MVAR_{\text{sesudah kompensasi}} \quad (30)$$

$$MVA_{\text{sistem sesudah kompensasi}} = MW + jMVAR \quad (31)$$

Sehingga didapat :

$$\cos \phi = \left(\frac{MW}{MVA} \right) \quad (32)$$

Filter terhubung Y (weye) dan kapasitansi kapasitor sama untuk setiap filter, yaitu:

$$I_{C-1\phi} = \frac{Q_{1\phi \text{ filter}}}{V_{L-L} \times \sqrt{3} \times \sin \phi_3} \quad (33)$$

$$X_C = \frac{V_{ph}}{I_C} \quad (34)$$

$$C_{1\phi} = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot X_C} \quad (35)$$

THD sebelum penempatan filter pasif:

$$THD = \sqrt{\frac{1^2}{\cos^2 \phi} - 1} \times 100\% \quad (36)$$

THD setelah penempatan filter pasif:

$$THD = \sqrt{\frac{1^2}{\cos^2 \phi^2} - 1} \times 100\% \quad (37)$$

METODE PENELITIAN

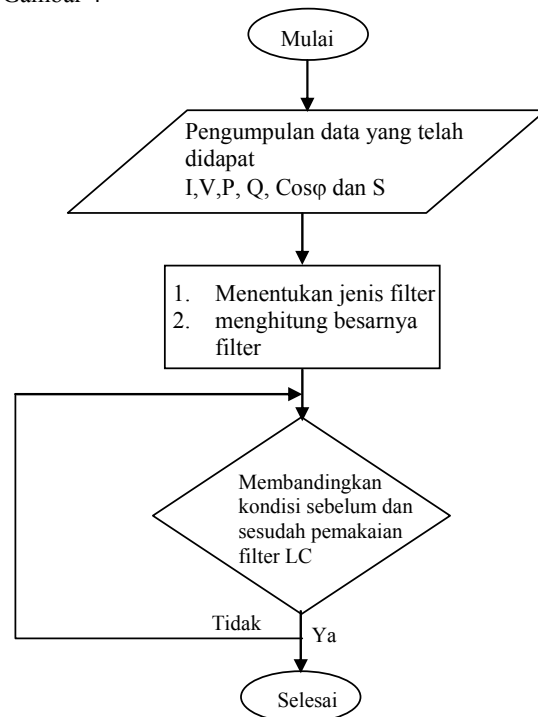
Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan pengaruh harmonisa yang terjadi di Kampus Institut Teknologi Padang, terutama akibat dari beban non-linear yang digunakan .

Metode Pengambilan Data

Metode pengambilan data yang digunakan adalah dengan melakukan observasi langsung kelapangan, setelah itu melakukan analisa perhitungan yang terkait dengan data yang telah diperoleh.

Metode Perhitungan Dan Analisa Data

Jalannya penelitian mempunyai aturan-aturan khusus dalam memasukkan data untuk dianalisis, yang disebut sebagai prosedur simulasi seperti ditunjukkan pada Gambar 4



Gambar 4. Diagram Alir langkah Penelitian

HASIL DAN PERANCANGAN

Untuk mengatasi permasalahan harmonisa pada system tenaga di kampus ITP, dapat dilakukan penyearangan harmonisa dengan menggunakan filter pasif terdiri dari elemen induktansi, kapasitansi dan resistansi (R, L dan C). Elemen-elemennya relative murah dibandingkan dengan elemen yang lain dan digunakan untuk mengurangi distorsi harmonik.

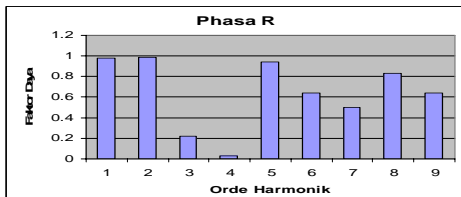
Data Hasil Pengukuran Dan Perhitungan Harmonisa Pada Main Distribution Panel Kampus ITP

Tabel 1. Data Sistem Kelistrikan Main Panel Distribution kampus ITP

Besaran	Nilai			Keterangan
	R	S	T	
I_{rms}	469A	504A	809A	Arus efektif
V_{rms}	224,2V	223,3V	221,9V	Tegangan efektif
P	104.8 kW	112.2 kW	179.7 kW	Daya aktif
Q	20.3KVAR	27.0KVAR	34.4KVAR	Daya reaktif
cos ϕ	0,75	0,79	0,82	Faktor daya
F	50 HZ	50 HZ	50 HZ	Frekuensi

Tabel 2. Data Harmonisa di Kampus ITP, hasil Perhitungan Phasa R

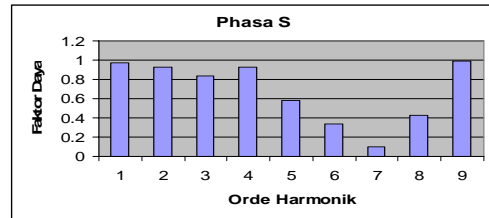
Orde	Harmonisa					
	V (Volt)	I (A)	P (W)	Q (VAR)	S (VA)	cos ϕ
1	0	-96,68	0	0	0	0,98
2	-0,26	-21,06	5,42	0,772	-4,982	0,99
3	3,92	20,33	17,53	77,701	106,78	0,22
4	0,033	-5,023	-0,004	-0,165	0,222	0,03
5	-3,44	-0,86	1,775	1,00	4,112	0,94
6	0,107	0	0	0	0	-0,64
7	-1,360	-5,345	3,63	6,24	-1,663	0,5
8	0,074	1,654	0,09	0,06	0,123	0,83
9	0,073	-4,433	0,23	-0,19	0,043	0,64



Gambar 5. Grafik fungsi hasil perhitungan orde harmonisa terhadap faktor daya pada phasa R

Tabel 3. Data Harmonisa di Kampus ITP, hasil Perhitungan Phasa S

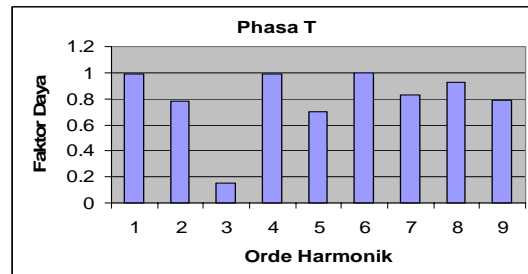
Orde	Harmonisa					
	V (Volt)	I (A)	P (W)	Q (VAR)	S (VA)	cos ϕ
1	272,55	687,2	18168	44953	262166,8	0,97
2	0,56	15,92	5,40	-8,291	12,301	0,93
3	2,57	11,55	24,34	-15,43	30,27	0,84
4	0,06	2,48	0,08	-0,03	0,1	0,93
5	4,90	11,66	32,85	45,7	4,6	0,58
6	8,48	1,49	4,295	11,75	14,9	0,34
7	1,85	6,109	-1,128	-	15,11	0,10
8	0	1,247	0	0	0	0,43
9	0,08	0,456	0,03	5,04	0,2	0,99



Gambar 6. Grafik fungsi hasil perhitungan orde harmonisa terhadap faktor daya pada phasa S

Tabel 4. Data Harmonisa di Kampus ITP, hasil Perhitungan Phasa T

Orde	Harmonisa					
	V (Volt)	I (A)	P (W)	Q (VAR)	S (VA)	cos ϕ
1	268,4	806,1	21493,66	30286,25	125487,17	0,99
2	0,27	7,30	1,53	1,20	1,16	0,78
3	3,12	62,38	-29,193	190,73	256,9	0,15
4	0,11	3,61	0,39	0,027	0,36	0,99
5	3,39	21,85	51,85	51,8	88,13	0,70
6	0,09	2,23	2,007	0	198,99	1
7	0,67	22,91	12,74	-8,28	20,56	-0,83
8	0	0,24	0	0	0	0,93
9	0	22,9	0	0	0	0,79



Gambar 7. Grafik fungsi hasil perhitungan orde harmonisa terhadap faktor daya pada phasa T

Dari hasil pengukuran dan perhitungan harmonisa yang terjadi sangat berpengaruh terhadap faktor daya pada Main Distribution Panel ITP. Jika harmonik besar, faktor daya akan mengecil sebaliknya jika harmonik kecil, maka faktor daya akan membaik.

**Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008
Bidang Teknik Elektro**

Selanjutnya akan dilakukan perhitungan dengan memperbaiki data faktor daya yang terburuk. Sehingga dapat ditentukan kapasitas filter yang akan dipasang.

S Pada Phasa R

Faktor daya (cos ϕ) : 0,75
Faktor daya yang diinginkan (cos ϕ) : 0,9
Maka :

$$MVA_{\text{beban}} = \frac{MW}{PF} = \frac{0,1048}{0,75} = 0,139 \text{ MVA}$$

Daya reaktif sebelum kompensasinya adalah:
MVAR = MVA (sin $\cos^{-1} \phi$) = 0,139 (sin $\cos^{-1} 0,75$) = j0,091 MVAR

Daya reaktif sesudah kompensasi adalah:
MVAR = MVA (sin $\cos^{-1} \phi_2$) = 0,139 (sin $\cos^{-1} 0,9$) = j0,0686 MVAR

Daya aktif sesudah kompensasi adalah:
MW = MVA (cos ϕ_2) = 0,139 (0,9) = 0,1251 MW

Maka didapatkan:
MVAR_{kapasitor} = MVAR_{sebelum kompensasi} - MVAR_{sesudah kompensasi} = j0,091 - j0,06 MVAR = j0,031 MVAR

MVAR_{sistem sesudah kompensasi} = j0,091 - j0,31 = j0,06 MVAR

MVA_{Sitim sesudah kompensasi} = MW + jMVAR = 0,1251 + j0,06 = 0,1387 / 25,620 MVAR

Sehingga:

$$\cos \phi = \left(\frac{MW}{MVA} \right) = \frac{P}{S} = \frac{0,1251}{0,1381} = 0,901$$

Dari analisa diatas didapatkan daya reaktif kapasitor sebesar 0,31 MVAR atau sebesar 31 kVAR maka kapasitor daya reaktifnya

$$Q_{\text{filter}} = 31 \text{ kVAR}$$

$$\phi_3 = \phi_1 - \phi_2 = 41,40 - 25,84 = 15,56^\circ$$

$$\sin(\phi_3) = \sin(15,56^\circ) = 0,268$$

$$I_{C-1\phi} = \frac{Q_{\text{filter}}}{V_{L-L} \times \sqrt{3} \times \sin \phi_3} = \frac{31}{380 \times \sqrt{3} \times 0,268} = 0,175 \text{ A}$$

$$X_C = \frac{V_{ph}}{I_C} = \frac{380/\sqrt{3}}{0,175} = 1255,14 \Omega$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas maka didisain filter dengan pemasangan kombinasi keduanya dapat mereduksi harmonisa Filter yang digunakan merupakan tapis filter pasif.

Dalam perencanaan ini nilai kapasitor yang didapatkan adalah sebesar 2,5 μ F untuk phasa R dan 2,7 μ F untuk phasa S, maka kita tetapkan nilai Kapasitor atau C = 2 μ F. Setelah nilai kapasitor ditetapkan maka nilai L dapat ditentukan dengan persamaan yaitu :

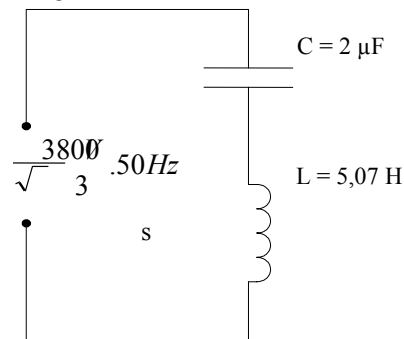
$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C} \text{ Henry}$$

maka untuk C = 2, μ F

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 C} = \frac{1}{(2 \pi f)^2 \cdot 2 \mu\text{f}} = \frac{1}{0,197192} = 5,07 \text{ H}$$

Jadi rangkaian kombinasi yang dapat digunakan untuk mereduksi harmonisa yang terjadi adalah : C = 2 μ F dan L = 5,07H.

Rangkaian filter untuk harmonisa adalah



Gambar 8. Komponen Filter Pasif

Data Hasil Pengukuran Pada Main Distribution Panel Kampus ITP Setelah Pemasangan Filter

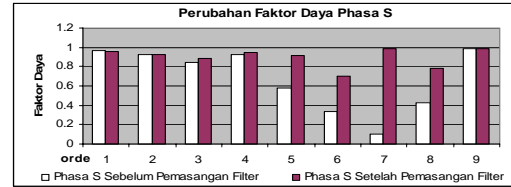
Berdasarkan hasil pengukuran setelah pemasangan filter, maka didapat data-data sebagai berikut.

Tabel 5 Data harmonisa phasa R main panel distribution ITP:

Orde	Tegangan, V (Volt)		Arus, I (A)	
	Nilai	Sudut (ϕ ,)	Nilai	Sudut (ϕ ,)
1	228,2V	0	455,8A	-9
2	0,4V	-71	12,8A	-79
3	3,8V	89	95,9A	134
4	1,5V	102	20,6A	46
5	0,23V	69	16A	-163
6	0,1V	-144	2,6A	-163
7	0,3V	-48	3,6A	-176
8	0,1V	33	5,9A	66
9	0,07V	175	0,3A	-38
THD (%)	2,4		6,5	

Tabel 6. Data harmonisa phasa S main panel distribution ITP

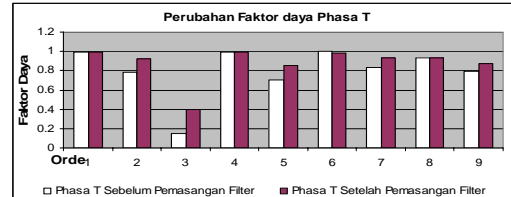
Orde	Tegangan, V (Volt)		Arus, I (A)	
	Nilai	Sudut (ϕ_v)	Nilai	Sudut (ϕ_i)
1	226,2	-240	508,3A	-255
2	0,8	-265	13,8A	-64
3	2,3	-286	10,4A	-258
4	0,9	-332	2,4A	-314
5	5,5	-265	14,5A	-298
6	0,98	-184	2,3A	-228
7	3,2	-306	9,2A	-292
8	0,4	-222	1,3A	-260
9	1,04	-164	2,2A	-350
THD (%)	2,1		8,1	



Gambar 10. Grafik Perubahan faktor daya pada phasa S (Sebelum dan Setelah pemasangan filter)

Tabel 7. Data harmonisa phasa T main panel distribution ITP

Orde	Tegangan, V (Volt)		Arus, I (A)	
	Nilai	Sudut (ϕ_v)	Nilai	Sudut (ϕ_i)
1	223,3	-122	730,8°	-129
2	0,4	-106	8,8A	-84
3	2,4	95	89,9A	-159
4	0,1	-232	3,7A	226
5	5,2	-220	16,4A	-254
6	0,4	-223	2,0A	-234
7	1,9	-149	21,9A	190
8	0,1	-149	1,0A	190
9	0,1	-54	0,6A	-25
THD (%)	2,6		9,5	

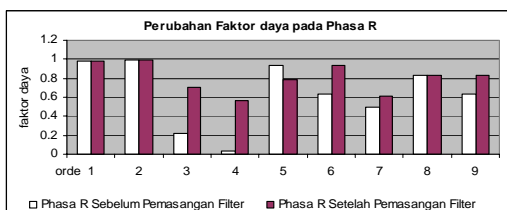


Gambar 11. Grafik Perubahan faktor daya pada phasa T (Sebelum dan Setelah pemasangan filter)

Dengan menggunakan persamaan dan langkah perhitungan yang sama untuk masing-masing orde pada tiap phasanya pada hasil pengukuran setelah dipasang filter, maka dapat ditentukan besar harmonik dan faktor daya ($\cos \phi$) pada phasa R, pada phasa S, dan phasa T. Perubahan faktor daya sebelum dan setelah pemasangan filter untuk masing-masing phasa adalah sebagai berikut.

Tabel 8. Perubahan faktor daya Sebelum dan Setelah Pemasangan Filter.

Orde	Faktor Daya					
	Phasa R		Phasa S		Phasa T	
	Sebelum Pemasangan Filter	Setelah Pemasangan Filter	Sebelum Pemasangan Filter	Setelah Pemasangan Filter	Sebelum Pemasangan Filter	Setelah Pemasangan Filter
1	0.98	0.98	0.97	0.96	0.99	0.99
2	0.99	0.99	0.93	-0.93	0.78	0.92
3	0.22	0.7	0.84	0.88	0.15	-0.4
4	0.03	0.56	0.93	0.95	0.99	-0.99
5	0.94	-0.79	0.58	-0.92	0.7	0.85
6	-0.64	0.94	0.34	0.7	1	0.98
7	0.5	0.61	0.1	0.99	-0.83	0.93
8	0.83	0.83	0.43	0.78	0.93	0.93
9	0.64	-0.83	0.99	-0.99	0.79	0.87



Gambar 9. Grafik Perubahan faktor daya pada phasa R (Sebelum dan Setelah pemasangan filter)

PENUTUP

Kesimpulan

Dari penelitian dan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada sistem kelistrikan kampus ITP, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Harmonisa yang terjadi pada main panel distribution kampus Institut Teknologi Padang dapat dikurangi dengan cara pemasangan filter pasif dengan $C = 2\mu F$ dan $L = 5,07 H$
2. Filter pasif dapat memperkecil harmonik dan memperbaiki faktor daya, Pada phasa R. faktor daya yang disebabkan adanya harmonisa 0,03, tapi setelah pemasangan filter dapat diperbaiki menjadi 0,56. Pada phasa S faktor daya dari 0,1 dapat diperbaiki menjadi 0,99, sedangkan pada phasa T faktor daya yang disebabkan adanya harmonisa yaitu 0,15 dapat diperbaiki menjadi 0,4.

Saran

1. Tapis filter dapat dirancang sesuai dengan keadaan dan kondisi jaringan.
2. Untuk mengurangi harmonisa dapat dilakukan dengan penyaringan harmonisa, injeksi harmonisa dan pergeseran fasa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] IEEE Standard 519 – 1992, “ IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems”.
- [2] Arillaga.J, Smith BC, Watso. NR., 1997, “ Power System Harmonics Analysis “, John Wiley.
- [3] Stevenson .W.D, 1990, “Analisa Sistem Tenaga Listrik ”, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008
Bidang Teknik Elektro

- [4] Nababan. S, November 2001, “ Tapis Paralel Pasif untuk mengurangi distorsi harmonik beban tak-linier (*permodelan, analisis dan desain*) “, UGM