

PERENCANAAN FILTER PASIF UNTUK MENGURANGI HARMONIK PADA INVERTER

Erhaneli¹⁾Junaldi²⁾

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Padang
Jln. Gajah Mada Kandis Nanggalo Padang
Telp(0751) 7055202. Faks (0751) 444841
E-mail : nelan_marzuki@yahoo.com¹⁾

Abstrak

Sumber utama harmonik dalam sistem tenaga listrik adalah beban non linear, beban non-linear adalah beban yang menarik gelombang arus tidak sinusoidal pada saat dicatu oleh sumber tegangan sinusoidal. Inverter merupakan salah satu sumber harmonik, apabila terdapat arus yang terdistorsi akibat adanya beban non-linear maka jatuh tegangan di saluran juga terdistorsi sehingga terjadi perambatan harmonik dalam sistem tenaga listrik yang dapat mengganggu unjuk kerja .

Penulisan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik harmonik yang diakibatkan oleh inverter sebagai pengendali motor induksi dan merencanakan filter pasif untuk mengurangi harmonik yang sesuai dengan karakteristik harmonik yang terjadi. Dari hasil pengukuran harmonik yang terjadi melebihi standar yang telah ditetapkan dengan harmonik tertinggi terjadi pada orde harmonik ke-2 dan frekuensi cut-off = 100 Hz. Dan dari hasil perhitungan dan analisa data maka nilai-nilai komponen filter pasif yang optimal untuk dapat mengurangi harmonik yakni nilai induktansi $L = 84 \text{ mH}$ dan kapasitansi $C = 30 \mu\text{F}$.

Kata Kunci : Beban non-linear, inverter, filter pasif

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Negara Indonesia merupakan Negara yang sedang berkembang yang akan menuju pasar bebas. Pembangunan disetiap sektor terus meningkat tajam seiring dengan penambahan penduduk. Semakin banyaknya populasi dan perkembangan dunia industri akan menyebabkan kebutuhan terhadap energi listrik yang handal semakin meningkat. Seiring dengan itu kemajuan teknologipun semakin pesat, peralatan-peralatan yang digunakan juga semakin modern. Teknologi yang paling banyak digunakan akhir-akhir ini adalah teknologi digital karena lebih praktis dan mudah untuk digunakan, dan juga mempunyai sensitifitas yang sangat tinggi bukan hanya sensitif dalam cara kerjanya juga sensitif terhadap gangguan baik dari luar atau gangguan langsung dan gangguan dari dalam sistem itu sendiri seperti terjadinya harmonik pada pensuplai daya yang dapat mengganggu proses kerja dari peralatan.

Sumber utama harmonik dalam sistem tenaga listrik adalah beban non linear yang diklasifikasikan menjadi tiga tipe yaitu: (i) peralatan elektronika daya seperti konverter, (ii) peralatan yang menimbulkan busur api (*arcing devices*) seperti *arc furnaces* dan lampu *fluorescent*, (iii) peralatan dengan saturasi inti ferromagnetik (Standar IEEE 519-1992). Semakin banyak penggunaan beban non-linier pada sistem akan meningkatkan harmonik sehingga peralatan yang digunakan menjadi panas dan sering mengalami kegagalan isolasi. Untuk itu sangatlah perlu suatu alat yang mampu mengatasi masalah-masalah ini sehingga pelayanan energi listrik tidak terganggu dan keandalan pun tidak berkurang. Distorsi akibat arus harmonik akan mengganggu gelombang Sinusoidal sehingga gelombang tersebut menjadi cacat dan tidak murni hal inilah yang membuat kerja peralatan menjadi terganggu sehingga tidak dapat beroperasi dengan baik. Untuk mengatasi masalah yang ditimbulkan oleh arus harmonik ada beberapa cara yaitu dengan menggunakan tapis paralel (*shunt filter*), pergeseran fase (*Phase Multiplication*) dan kompensasi atau

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

injeksi harmonik (*Harmonik Compesation or Injektion*). (IEEE 519-1992). Pada penelitian ini penulis merencanakan tapis pasif untuk mengurangi harmonik yang diakibatkan oleh inverter.

Tujuan

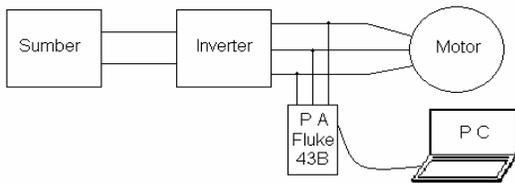
Penulisan ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik harmonik yang diakibatkan oleh inverter sebagai pengendali motor induksi dan merencanakan filter pasif untuk mengurangi harmonik yang sesuai dengan karakteristik harmonik yang terjadi.

METODOLOGI PENELITIAN

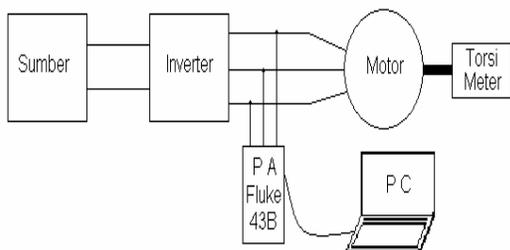
Langkah-Langkah Penelitian

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sbb :

- Mengumpulkan alat dan bahan penelitian.
- Membuat rangkaian penelitian seperti pada gambar 2.a dan 2.b
- Mengukur harmonik arus dan tegangn pada keluaran inverter pada kondisi motor berbeban dan tanpa beban.
- Membandingkan hasil pengukuran dengan standard yang diberikan untuk batasan harmonik arus dan tegangan
- Merencanakan filter pasif sesuai dengan karakteristik harmonik dengan menentukan frekuensi cutt-offff sehingga dapat ditentukan nilai-nilai komponen filter



Gambar 2.a Rangkaian Penelitian dengan motor tanpa beban



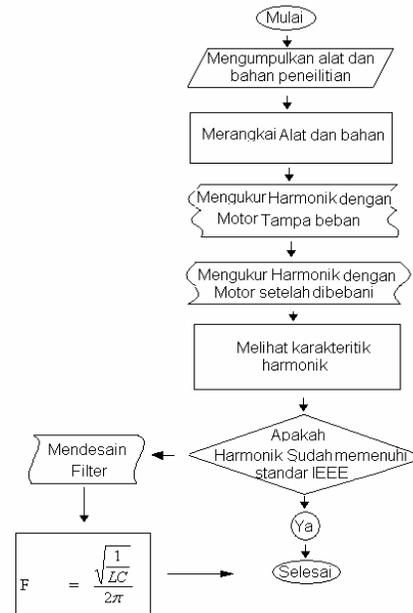
Gambar 2.b Rangkaian Penelitian harmonik pada inverter dengan motor berbeban

Metode Perhitungan

Dalam melakukan analisa atau perhitungan dengan langkah sbb :

- Menentukan frekuensi *cut-off*, pada penelitian ini frekuensi *cut-off* = 100 Hz
- Menganalisa data hasil pengukuran untuk menentukan nilai-nilai komponen filter yang paling optimal untuk merancang filter harmonik dengan cara sbb :
 - a. Menghitung nilai induktor dengan nilai kapasitor ditetapkan.
 - b. Menghitung nilai kapasitor dengan nilai induktor ditetapkan.

Diagram Alir Penelitian

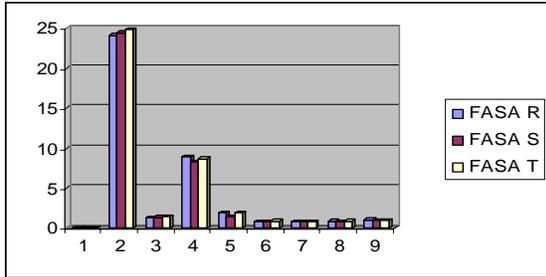


Gambar 3 Diagram alir Penelitian

HASIL PENGUKURAN HARMONIK

Tabel 1 Pengukuran harmonik arus F = 50 dan T = 0

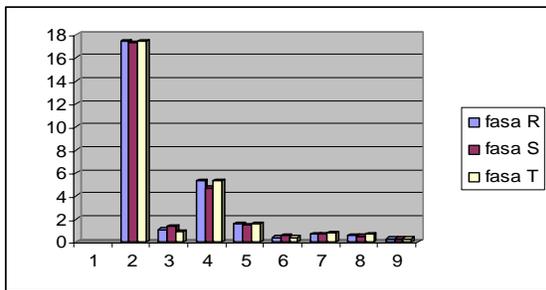
H	Fase R			Fase S			fase T		
	Arus (A)	THD %	Sudut	Arus (A)	THD %	Sudut	Arus (A)	THD %	Sudut
2	0.8	24.1	-58	0.8	24.4	-119	0.9	24.8	-358
3	0.0	1.3	116	0.1	1.4	-358	0.1	1.5	-358
4	0.3	8.9	294	0.3	8.3	-132	0.3	8.7	-4
5	0.1	1.9	53	0.1	1.5	-248	0.1	1.9	-7
6	0.0	0.8	-5	0.0	0.8	-132	0.0	0.9	-283
7	0.0	0.8	91	0.0	0.8	-306	0.0	0.8	-227
8	0.0	0.9	102	0.0	0.8	-218	0.0	0.9	-302
9	0.0	1.1	91	0.0	1.0	-13	0.0	1.0	-268



Gambar 4 Grafik harmonik arus F = 50, T = 0

Tabel 2 Pengukuran harmonik arus pada T = 0.5
nM Frekuensi = 50 Hz

H	Fase R			Fase S			fase T		
	Arus (A)	THD %	Sudut (°)	Arus (A)	THD %	Sudut (°)	Arus (A)	THD %	Sudut (°)
	0.9	17.4	308	1.0	17.3	-345	1.0	17.4	-104
3	0.1	1.1	259	0.3	1.4	-82	0.1	0.9	-281
4	0.3	5.3	283	0.1	4.7	-137	0.3	5.3	-18
5	0.1	1.6	126	0.0	1.5	-186	0.1	1.6	-287
6	0.0	0.4	82	0.1	0.6	-248	0.0	0.4	-131
7	0.1	0.7	86	0.0	0.7	-1	0.0	0.8	-212
8	0.0	0.6	-14	0.0	0.5	-188	0.0	0.7	-104
9	0.0	0.3	41	0.0	0.3	-290	0.0	0.3	-73



Gambar 5 Grafik harmonik arus F = 50, T = 0,5

ANALISA HASIL

Dari hasil pengukuran dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat direncanakan filter pasif yang terdiri dari komponen induktor dan kapasitor. Filter yang digunakan merupakan tapis pasif pelewat-rendah, yaitu tapis yang hanya melewatkan frekuensi dibawah frekuensi *cut-off*. Sedangkan frekuensi di atas frekuensi *cut-off* akan di potong atau akan mengalami penurunan amplitudo. Nilai komponen induktor dan kapasitor dihitung dengan menggunakan persamaan pada referensi dengan menentukan frekuensi *cut-off* terlebih dahulu. Frekuensi *Cut-off* merupakan hasil perkalian frekuensi dasar sistem dengan harmonik ke-n. Pada penelitian ini frekuensi *cut-off* 100 Hz karena arus harmonik tertinggi terjadi pada harmonik ke-2 yaitu (2 x 50 Hz = 100 Hz).

Untuk menentukan nilai komponen filter dapat dilakukan dengan menetapkan salah satu nilai L atau C. Jika nilai C ditetapkan maka nilai induktor dapat ditentukan, begitupun jika L yang ditetapkan maka nilai C dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

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

Tapis pasif pelewat rendah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tapis jenis LC yang menggunakan komponen utama induktor dan kapasitor. Pada penelitian ini frekuensi *cut-off* adalah 100 Hz karena harmonik arus pada orde ke-2 mempunyai persentase total distorsi yang sangat besar dan melebihi standar IEEE 519-1992.

Untuk mendapat frekuensi *Cut-off* yang mendekati nilai yang diinginkan sebesar 100 Hz maka nilai induktor dan kapasitor harus diubah-ubah sehingga frekuensi kerja rangkaian mendekati 100 Hz. Karena nilai frekuensi berbanding terbalik dengan nilai kapasitansi dan induktansi maka untuk memperbesar nilai frekuensi nilai kapasitansi dan induktansi diperkecil. Dalam perhitungan nilai C diubah-ubah dari 100µF – 10µF dan nilai induktansi ditetapkan sebesar 79 mH.

Tabel 3 : Hasil perhitungan komponen filter dengan L tetap

No	Induktansi (mH)	Kapasitansi (µF)	Frekuensi Cutt-Off	Ket
1	79	100	56.68	-
2	79	90	59.71	-
3	79	80	63.33	-
4	79	70	67.21	-
5	79	60	73.02	-
6	79	50	80.11	-
7	79	40	83.84	-
8	79	30	103.43	H ₂
9	79	20	129.27	-
	79	10	179.15	-

Untuk mencari frekuensi *Cut-off* yang lebih mendekati 100 Hz maka dilakukan perhitungan dengan harga Kapasitansi yang ditetapkan sebesar 30 µF dan nilai induktansi diubah-ubah dari 90mH – 81mH. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel.2

Dengan memfariasikan nilai induktansi juga dapat ditentukan harga frekuensi *Cut-off* dan harga frekuensi berbanding terbalik dengan nilai induktansi.

Tabel 4 : Hasil perhitungan komponen filter dengan C tetap

No	Induktansi (mH)	Kapasitansi (µF)	Frekuensi Cutt-Off	Ket
1	90	30	96.90	-
2	89	30	97.45	-
3	88	30	98.00	-
4	87	30	98.56	-
5	86	30	99.13	-
6	85	30	99.71	-
7	84	30	100.66	H ₂
8	83	30	100.91	-
9	82	30	101.52	-
10	81	30	102.78	-

Prosiding Seminar Nasional Teknoin 2008 Bidang Teknik Elektro

Dari tabel 4 terlihat jelas bahwa besarnya frekuensi kerja tergantung pada nilai L dan C yang dipakai. Semakin besar nilai frekuensi kerja maka nilai L dan C semakin kecil.

Besarnya parameter-parameter rangkaian tergantung pada karakteristik harmonik yang terjadi pada sistem. Pada orde beberapa harmonik yang melampaui batas standar yang diizinkan. Harmonik biasanya terjadi mulai dari harmonik kedua karena pada harmonik pertama masih merupakan gelombang fundamental. Distorsi harmonik terbesar pada penelitian ini terdapat pada harmonik ke-2 hingga harmonik ke-5.

Setelah dilakukan analisa terhadap data hasil pengukuran dimana hasilnya seperti pada tabel 4.1 dan tabel 4.2, maka dapat diambil kesimpulan bahwa nilai komponen L dan C yang paling optimal dalam merencanakan filter pasif untuk mengurangi harmonik yang diakibatkan oleh inverter adalah dengan nilai $L = 84 \text{ mH}$ dan $C = 30 \mu\text{F}$. Pada nilai tersebut didapatkan nilai frekuensi Cutt-off = 100,66 Hz

KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan pembahasan yang dilakukan terhadap data hasil pengukuran maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- Harmonik arus dan tegangan pada saat frekuensi inverter 40 Hz ataupun 50 Hz dengan motor tanpa beban atau berbeban didominasi oleh harmonik orde genap dengan nilai tertinggi pada orde ke-2
- Dari hasil pengukuran berdasarkan orde harmonik tertinggi didapat nilai frekuensi cut-off sebesar 100 Hz
- Nilai-nilai komponen filter yang paling optimal untuk dapat mengurangi harmonik yang diakibatkan oleh inverter adalah nilai $L = 84 \text{ mH}$ dan nilai $C = 30 \mu\text{F}$ dengan nilai frekuensi cut-off yang mendekati adalah 100,66 Hz

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arillaga, L., Bradley, D.A., dan Bodger, P.S., 1985, *Power System Harmonic*, John Wiley.
- [2] Gonzalez, D.A., McCall, J.C 1987, "Design of Filter to Reduce Harmonik Distortion industrial Power System", *IEEE Trans. on Industry Applications*, Vol IA-23 N0.23, pp: 504-511.
- [3] Grotzbach M, Ried Ch, Investigation of AC/DC Converter Harmonics by an Analytical Based Time-Discrete Approach, *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 12, No.2, April 1997
- [4] IEEE, 1992, *IEEE Recommended Practices and Requirements Harmonik Control in Electric Power System* (IEEE Std 519-1992), IEEE Inc, New York, NY 10017-2393, USA
- [5] Kawan, C., dan Emanuel, A.E., 1996, "Passive Shunt Harmonik Filters for Low and Medium Voltage; a cost comparison study", *IEEE Trans. on Power System*, vol. 11, no.4, pp: 1825-1831.

- [6] Rashid, M.H., 1993, *Power Electronic Circuit, Devices and Applications*, Prentice Hall, New Jersey.