

ANALISA HARMONISA KONVERTER AC-AC TIGA FASA

Oleh : Rheni Dariati (L2F 001 635)
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

ABSTRAK

Rangkaian konverter ac-ac merupakan rangkaian yang dapat menghasilkan tegangan keluaran ac variabel dari sumber ac tetap. Jika sebuah saklar thyristor dihubungkan antara sumber ac dan beban, aliran energi dapat dikontrol oleh variasi nilai rms dari tegangan ac yang dipakai oleh beban. Aplikasi yang sering digunakan dari pengontrol tegangan ac adalah pemanas industri, pengubahan tap pada trafo beban, kontrol lampu, pengontrol kecepatan pada motor induksi banyak fasa dan pengontrol magnet ac. Namun pada kenyataannya pada penggunaan rangkaian konverter ac-ac ini sering terjadi penyimpangan gelombang dimana semakin dekat dengan beban maka distorsi semakin meningkat. Hal ini menyebabkan kualitas aliran listrik menurun. Distorsi harmonisa ini biasa disebabkan oleh adanya beban non linear yang ada pada rangkaian konverter tersebut.

Pada tugas akhir ini, akan dibuat rangkaian konverter ac-ac terkontrol penuh dan semi terkontrol tiga fasa dengan menggunakan thyristor dan dioda serta memanfaatkan rangkaian IC TCA 785 sebagai penghasil pulsa pemicuan thyristornya. Pengujian peralatan konverter ini dilakukan untuk mengetahui adanya harmonisa yang menyebabkan gelombang menjadi tidak sinusoidal.

Dari pengujian yang dilakukan dengan menggunakan peralatan Clamp tester HIOKI 3286-20 untuk mengukur besarnya harmonisa hingga orde ke-20 dan THDnya pada sisi sumber dan pada sisi beban maka dapat dilihat bahwa pada sisi sumber terdapat harmonisa yang masih dapat ditoleransi yaitu <3% sebagai imbas dari pemakaian-pemakaian beban non linier sedangkan pada sisi beban dapat terlihat harmonisa yang disebabkan oleh adanya beban berupa lampu pijar dan motor induksi dimana harmonisa yang timbul umumnya pada orde ganjil. Dari pengujian dengan menggunakan konverter semi terkontrol memiliki nilai THD yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan terkontrol penuh

Kata kunci: konverter ac-ac, harmonisa, THD

I. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pada kenyataannya timbul beberapa permasalahan dalam penggunaan rangkaian konverter. Salah satu permasalahan yang menonjol adalah dengan timbulnya distorsi harmonisa. Gelombang tegangan yang diharapkan adalah berbentuk gelombang sinusoidal murni. Pada keadaan terdistorsi gelombang yang dihasilkan akan menyimpang. Distorsi ini disebabkan oleh rangkaian yang tersusun oleh thyristor, triac, dioda atau peralatan elektronika daya lainnya yang berperan sebagai beban non linear.

Dalam tugas akhir ini akan ditampilkan konverter ac-ac dengan pengaturan sudut fasa pada sistem tiga fasa untuk terkontrol penuh yang menggunakan enam buah thyristor dan semi terkontrol yang menggunakan tiga buah thyristor dan tiga buah dioda daya. IC TCA 785 yang digunakan sebagai penghasil pulsa pemicuan thyristor merupakan produk dari Siemens Semiconductor Group. Untuk pengambilan data pada model konverter ini digunakan beban lampu pijar sebagai beban resistif dan motor induksi tiga fasa sebagai beban induktif.

1.2 TUJUAN

Tujuan yang hendak dicapai dari tugas akhir ini adalah mengetahui adanya harmonisa yang ditimbulkan oleh thyristor dan dioda daya pada rangkaian pengontrol tegangan ac tiga fasa semi terkontrol dan terkontrol penuh pada sisi sumber dan pada sisi beban apabila dibebani beban resistif dan dominan induktif.

1.3 PEMBATASAN MASALAH

Untuk menyederhanakan permasalahan dalam Tugas Akhir ini diperlukan adanya batasan-batasan, yaitu:

1. Pengontrol tegangan ac tiga fasa semi terkontrol hubung bintang yang dibuat dengan menggunakan thyristor-dioda antiparalel dan pengontrol tegangan ac tiga fasa terkontrol penuh hubung bintang yang dibuat dengan menggunakan thyristor antiparalel
2. Rangkaian kontrol thyristor menggunakan prinsip kontrol analog dengan memanfaatkan IC TCA 785

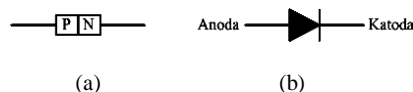
3. Rangkaian elektronika yang digunakan hanya dibahas pada fungsi kerjanya.
4. Tugas akhir ini menitikberatkan pada harmonisa pengontrol tegangan ac tiga fasa semi terkontrol dan terkontrol penuh
5. Tidak membahas tentang pengaruh harmonisa terhadap interferensi telepon (TIF) dan cara mengatasi distorsi harmonisa yang terjadi
6. Beban yang digunakan hanya berupa beban resistif dan dominan induktif

II. DASAR TEORI

2.1 Semikonduktor

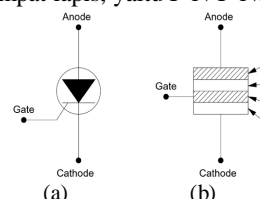
Komponen semikonduktor utama yang digunakan adalah dioda daya dan thyristor.

Dioda (*diode*) adalah suatu komponen semikonduktor yang paling sederhana yang terdiri dari dua lapisan yaitu tipe P dan tipe N. Dioda terdiri dari dua buah kutub, yaitu kutub katoda (*cathode*) dan anoda (*anode*). Anoda adalah kutub positif dan katoda adalah kutub negatif. Jenis dioda semikonduktor dibedakan menurut bahan pembuatnya, yaitu dioda *silicon* atau dioda *germanium*.



Gambar 2.1. (a) susunan dioda sambungan P-N (b) simbol dioda

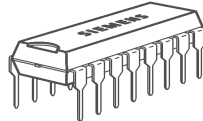
Thyristor adalah komponen yang prinsip kerjanya mirip dengan dioda namun dilengkapi dengan *gate* untuk mengatur besarnya fasa yang dilalukan. Simbol thyristor dan struktur dasar thyristor terdapat pada gambar 2.8. Thyristor (SCR) adalah komponen semikonduktor yang terbentuk dengan struktur empat lapis, yaitu P-N-P-N.



Gambar 2.2. (a) Simbol thyristor; (b) Struktur dasar thyristor

2.2 TCA 785

IC TCA 785 merupakan produk dari *Siemens Semiconductor Group* yang dibuat untuk menghasilkan pulsa pemicuan (*trigger pulse*) untuk mengontrol fasa pada *thyristor*, *triac*, dan *transistor*, antara 0° hingga 180° pada sumber tenaga ac, sedangkan bila sumber tegangannya dc maka diperlukan komutasi (*commutation*) khusus yang akan dibahas pada bahasan *thyristor*.

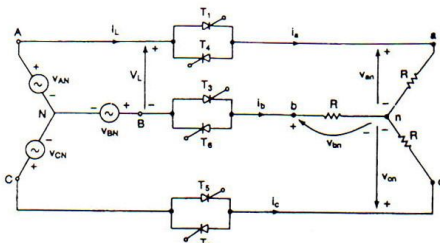


Gambar 2.3. Bentuk fisik IC TCA 785

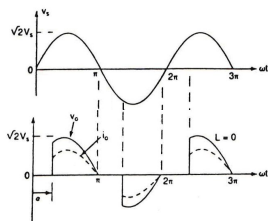
IC ini dapat diaplikasikan pada kontrol tegangan ac terkontrol (*converter*) satu fasa dan tiga fasa, penyearah terkontrol (*controlled rectifier*) satu fasa maupun tiga fasa, dan kontrol tegangan dc terkontrol (*dc chopper*). IC ini memiliki kaki (*pin*) sejumlah 16, Gambar 2.12 adalah bentuk fisik dan konfigurasi pin IC TCA 785.

2.3 Pengontrol Tegangan AC Terkontrol Penuh [1]

Pengontrol tegangan ac tiga fasa terkontrol penuh terdiri atas tiga pasang *thyristor* antiparalel yang masing-masing akan terpasang pada setiap sambungan fasanya. Berikut ini diberikan wiring dan bentuk gelombang yang terbentuk untuk setiap fasanya



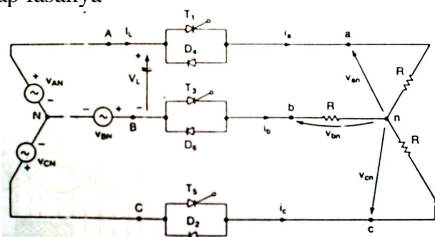
Gambar 2.4 Rangkaian pengontrol tegangan ac terkontrol penuh tiga fasa beban hubung bintang



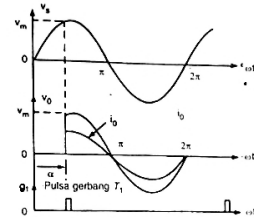
Gambar 2.5. Bentuk gelombang untuk setiap fasanya

2.4 Pengontrol Tegangan AC Semi Terkontrol

Pengontrol tegangan ac semi terkontrol terdiri atas dioda yang dipasang antiparalel dengan thyristor. Berikut ini diberikan wiring dan bentuk gelombang yang terbentuk untuk setiap fasanya



Gambar 2.6 Rangkaian pengontrol tegangan ac semi terkontrol tiga fasa beban hubung bintang



Gambar 2.7 Bentuk gelombang untuk setiap fasanya

2.5 HARMONISA

Harmonisa adalah arus atau tegangan sinusoidal yang mempunyai frekuensi kelipatan dari frekuensi dasar atau fundamental (biasanya 50 atau 60 Hz). Gelombang distorsi memiliki bentuk gelombang yang terbentuk oleh penjumlahan frekuensi dasar dan frekuensi harmonisa. Jika frekuensi dasar pada suatu sistem tenaga listrik adalah 50 Hz, maka harmonisa keduanya adalah gelombang dengan frekuensi sebesar 100 Hz, harmonisa ketiga adalah gelombang dengan tegangan frekuensi sebesar 150 Hz dan seterusnya. Gelombang-gelombang ini kemudian menumpang pada gelombang murni/aslinya sehingga terbentuk gelombang cacat.

Dengan menggunakan alat ukur akan didapatkan nilai untuk rasio atau besaran rms harmonisa arus atau tegangan ini dapat juga dinyatakan dengan *Total Harmonic Distortion* (THD). Dimana dalam perumusannya dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} (U_h)^2}}{U_1} \times 100\% \quad \text{atau} \quad THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} (I_h)^2}}{I_1} \times 100\%$$

dimana :

U_h = kuantitas / nilai rms dari komponen tegangan pada harmonik h

I_h = kuantitas / nilai rms dari komponen arus pada harmonik h

III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Adapun perancangan modul perangkat keras ini mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

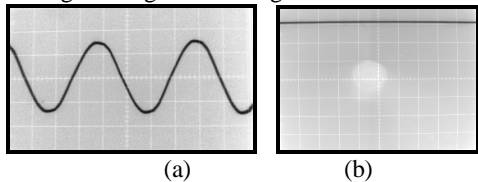
1. Sumber tegangan untuk rangkaian daya adalah tegangan jala-jala PLN 380 V tiga fasa. Sumber tegangan AC 15 Volt, frekuensi 50 Hertz, diperoleh dari tegangan jala-jala PLN yang dilewatkan pada sebuah trafo daya (*center tap*) 220/15 volt, untuk menyuplai rangkaian TCA yang berfungsi sebagai kontrol. Suplai untuk rangkaian pemicuan menggunakan sumber tegangan DC 15 Volt.
2. Penggunaan *thyristor*/SCR (*Silicon-Controlled Rectifier*) tipe BT 151 yang berfungsi sebagai saklar yang dapat diatur dalam rangkaian elektronika daya.
3. Dioda dengan kemampuan 10 A
4. Rangkaian pemicuan (*phase control*) IC TCA 785 yang dapat digunakan untuk memicu thyristor dengan sudut picu (*phase angle*) antara 0° - 180° dan frekuensi pensaklaran 50 Hz.
5. Beban yang digunakan dapat berupa beban resistif dan beban induktif. Pada Tugas Akhir ini digunakan beban lampu pijar 100 W sebagai beban resistif dan motor induksi tiga fasa sebagai beban induktif.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 PENGAMBILAN DATA BENTUK GELOMBANG

4.1.1 Sumber Tegangan

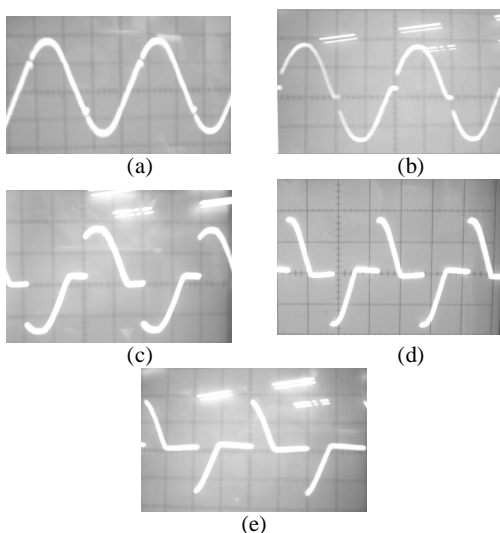
Pengujian sumber tegangan meliputi sumber tegangan untuk rangkaian daya (220 Vac line-netral) dan sumber tegangan untuk pemucuan (15 Vdc). Pengujian sumber tegangan dengan menggunakan osiloskop menghasilkan gambar-gambar sebagai berikut :



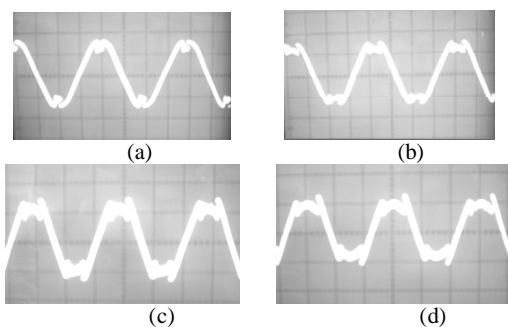
Gambar 4.1 Gelombang sumber tegangan (a) rangkaian daya (220 Vac) (b) pemucuan (15 Vdc)

4.1.2 Rangkaian Daya

4.1.2.1 Pengontrol tegangan ac terkontrol penuh

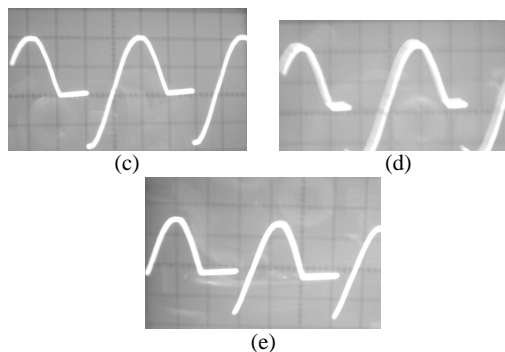
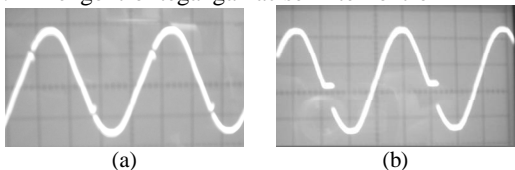


Gambar 4.2 Gelombang hasil pemucuan pengontrol tegangan ac terkontrol penuh beban resistif (a)0 (b)30° (c)60° (d)90° (e)120°

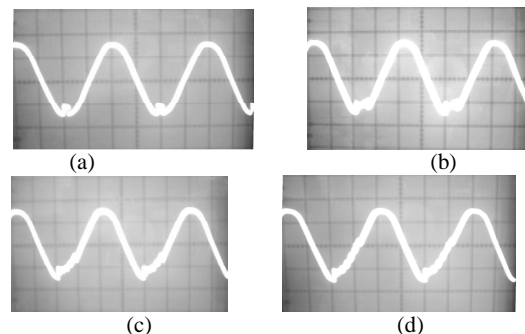


Gambar 4.3 Gelombang hasil pemucuan pengontrol tegangan ac terkontrol penuh beban induktif (a)0 (b)30° (c)60° (d)90°

4.1.2.2 Pengontrol tegangan ac semi terkontrol



Gambar 4.4 Gelombang hasil pemucuan pengontrol tegangan ac semi terkontrol beban resistif (a)0 (b)30° (c)60° (d)90° (e)120°



Gambar 4.5 Gelombang hasil pemucuan pengontrol tegangan ac semi terkontrol beban induktif (a)0 (b)30° (c)60° (d)90°

4.2 PENGAMBILAN DATA HARMONISA

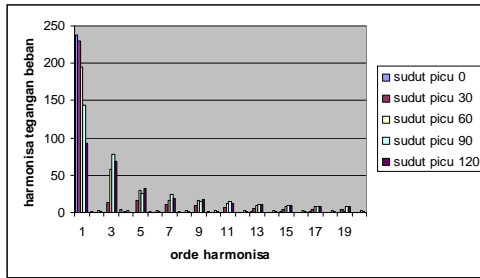
4.2.1.1 Pengontrol tegangan ac terkontrol penuh

Berikut ini dtampilkan data pengontrol tegangan ac terkontrol penuh beban resistif $\alpha=0$.

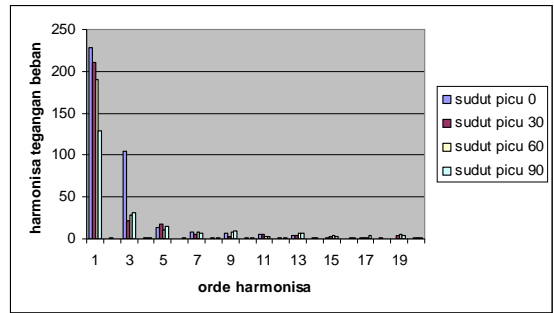
Tabel 4.1 Data pengontrol tegangan ac terkontrol penuh beban resistif $\alpha=0$

Harmonisa	Harmonisa Tegangan						harmonisa arus		
	Beban			Sumber			R	S	T
	R	S	T	R	S	T			
1	237,9	231	233	238,3	232,4	232,1	0,45	0,44	0,45
2	1,6	1,2	0,8	1,3	1,1	1,1	0	0	0
3	0,3	2,5	2,1	1,8	3,1	3,2	0	0	0
4	4,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,6	0	0	0
5	0	5,4	4,5	3,9	3,9	4	0	0	0
6	1	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0	0	0
7	0	1,5	1,4	0,4	0	0,5	0	0	0
8	1,6	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0	0	0
9	0	2	2	0,6	0,5	1	0	0	0
10	1,3	0	0,2	0,2	0,1	0,2	0	0	0
11	0,3	1,3	1,3	0,4	0,2	0,3	0	0	0
12	0	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0	0	0
13	1,6	1,9	1,8	0,9	0,6	0,8	0	0	0
14	0,3	0	0,2	0	0	0,1	0	0	0
15	0,8	1,3	0,8	0,4	0,4	0,6	0	0	0
16	0,1	0	0,2	0,2	0	0,1	0	0	0
17	1,2	1,2	1	0,3	0,2	0,1	0	0	0
18	0,1	0	0,3	0,1	0	0	0	0	0
19	0,3	1,2	1,5	0,3	0,3	0,3	0	0	0
20	0,2	0	0,3	0,2	0	0	0	0	0
THDF (%)	3,00	3,2	2,70	2,00	2,30	2,40	2,4	2,60	2,40

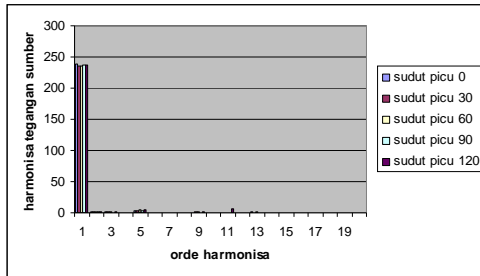
Berikut ini diberikan bar-chart harmonisa tegangan dan arus pada pengontrol tegangan ac terkontrol penuh beban resistif.



Gambar 4.6 Bar chart harmonisa tegangan pada sisi beban pengontrol tegangan ac terkontrol penuh beban resistif



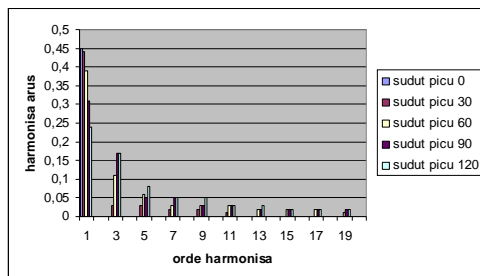
Gambar 4.9 Bar chart harmonisa tegangan pada sisi beban pengontrol tegangan ac terkontrol penuh beban induktif



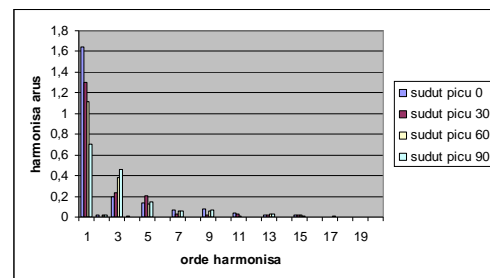
Gambar 4.7 Bar chart harmonisa tegangan pada sisi sumber pengontrol tegangan ac terkontrol penuh beban resistif



Gambar 4.10 Bar chart harmonisa tegangan pada sisi sumber pengontrol tegangan ac terkontrol penuh beban induktif



Gambar 4.8 Bar chart harmonisa arus pengontrol tegangan ac terkontrol penuh beban resistif



Gambar 4.11 Bar chart harmonisa arus pengontrol tegangan ac terkontrol penuh beban induktif

Sama halnya pada pembebanan resistif, dengan menggunakan beban induktif terjadi harmonisa pada sistem baik pada pengukuran di sisi sumber maupun di sisi beban.

4.2.1.2 Pengontrol tegangan ac semi terkontrol

Tabel 4.2 Data pengontrol tegangan ac terkontrol penuh beban induktif $\alpha=0$

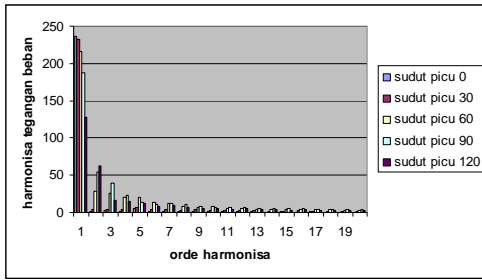
Harmonisa	Harmonisa Tegangan						harmonisa arus		
	Beban			Sumber			R	S	T
	R	S	T	R	S	T			
1	227,8	224,5	223,7	223,7	232,1	232,9	1,64	1,51	1,63
2	0,6	0,7	0,4	0,9	1,1	1,1	0,02	0,03	0
3	104	9,5	9,7	1,6	2,8	2,9	0,2	0,19	0,17
4	0,3	0,4	0,2	0,4	0,6	0,4	0,01	0	0
5	13,1	11,5	11,5	3,8	4	3,3	0,14	0,11	0,13
6	0,4	0,1	0,3	0,1	0,3	0,2	0	0	0
7	8	7,1	7,2	0	0,3	0,5	0,07	0,06	0,05
8	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0	0	0
9	7,3	6,3	7,1	0,6	0,6	0,8	0,08	0,07	0,07
10	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0	0	0
11	5,7	5,4	5,1	0,7	0,4	0,2	0,04	0,03	0,04
12	0,5	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0	0	0
13	4,4	4,5	4,8	1	0,5	0,8	0,02	0,02	0,02
14	0,3	0,2	0,3	0	0	0,1	0	0	0
15	2	2,7	2,4	0,6	0,5	0,6	0,02	0,02	0,02
16	0,4	0	0,3	0	0	0	0	0	0
17	0,9	2,3	1,6	0,3	0,1	0,4	0	0	0
18	0,2	0	0,2	0	0	0	0	0	0
19	0,6	1,8	0,4	0,2	0	0,2	0	0	0
20	0,6	0,1	0,2	0,5	0,3	0,1	0	0	0
THD - F	9,4	8,7	8,8	1,9	2,2	2,1	16,6	16,2	14,6

Berikut ini diberikan *bar-chart* harmonisa tegangannya. pada pengukuran di sisi sumber terlihat terdapat distorsi harmonisa.

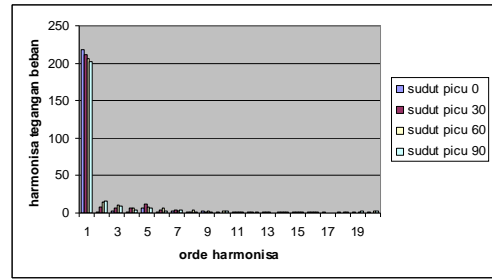
Tabel 4.3 Pengontrol tegangan ac semi terkontrol beban resistif $\alpha=0$

Harmonisa	Harmonisa Tegangan						harmonisa arus		
	Beban			Sumber			R	S	T
	R	S	T	R	S	T			
1	236,4	232,1	232,3	238,9	233	231,1	0,45	0,44	0,45
2	1	1,1	1,4	1	0,4	1,5	0	0	0
3	2,1	2,9	3,1	2,3	3,4	3,5	0	0	0
4	1	0,5	1,2	0,3	0	0,6	0	0	0
5	5,5	4,5	4,9	4,9	4,5	4,3	0	0	0
6	0,8	0,6	1	0,1	0,1	0,3	0	0	0
7	1,2	1	1,5	0,3	0,5	0,7	0	0	0
8	0,7	0,5	1	0,1	0,1	0,2	0	0	0
9	1,4	1	1,7	0,7	0,7	0,9	0	0	0
10	0,8	0,5	0,8	0,1	0	0,2	0	0	0
11	1,2	0,8	0,9	0,6	0,2	0,3	0	0	0
12	0,7	0,5	0,9	0,1	0	0,2	0	0	0
13	1,6	1,3	1,6	1,1	0,6	0,9	0	0	0
14	0,6	0,6	0,7	0	0	0	0	0	0
15	0,8	0,8	0,7	0,4	0,5	0,6	0	0	0
16	0,6	0,6	0,8	0	0	0	0	0	0
17	0,9	0,8	0,7	0,3	0,2	0,1	0	0	0
18	0,6	0,6	0,6	0	0,1	0,2	0	0	0
19	0,6	0,8	0,9	0,2	0,1	0,1	0	0	0
20	0,5	0,6	0,6	0	0	0	0	0	0
THD-F	3,00	2,70	2,80	2,40	2,50	2,60	2,60	2,60	2,60

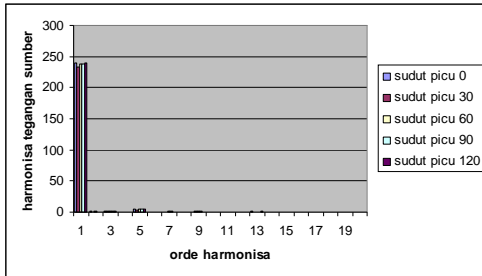
Berikut ini diberikan *bar-chart* harmonisa tegangan dan arus untuk pengontrol tegangan ac semi terkontrol dengan menggunakan beban resistif.



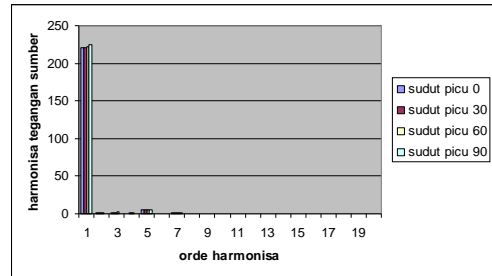
Gambar 4.12 Bar chart harmonisa tegangan pada sisi beban pengontrol tegangan ac semi terkontrol beban resistif



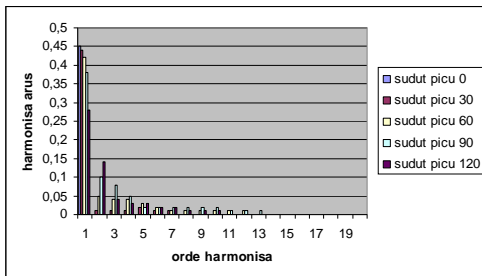
Gambar 4.15 Bar chart harmonisa tegangan pada sisi beban pengontrol tegangan ac semi terkontrol beban induktif



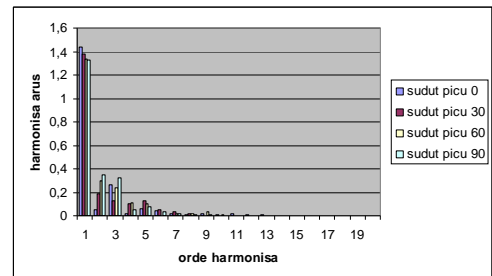
Gambar 4.13 Bar chart harmonisa tegangan pada sisi sumber pengontrol tegangan ac semi terkontrol beban resistif



Gambar 4.16 Bar chart harmonisa tegangan pada sisi sumber pengontrol tegangan ac semi terkontrol beban induktif



Gambar 4.14 Bar chart harmonisa arus pengontrol tegangan ac semi terkontrol beban resistif



Gambar 4.17 Bar chart harmonisa arus pengontrol tegangan ac semi terkontrol beban induktif

Tabel 4.4 Pengontrol tegangan ac semi terkontrol beban induktif $\alpha=0$

Harmonis a	Harmonisa Tegangan						Harmonisa arus		
	Beban			Sumber			R	S	T
	R	S	T	R	S	T			
1	219,1	218,6	218,3	223,4	220,3	222,4	1,53	1,44	1,51
2	4,4	1,9	3,7	1,1	0,9	1	0,09	0,05	0,11
3	4,8	2,9	5,2	0,6	1,6	1,5	0,23	0,26	0,19
4	4,1	1,9	3,8	0,6	0,5	0,5	0,06	0,02	0,06
5	8,7	6,9	8,2	5,4	5,8	4,9	0,1	0,06	0,08
6	3,7	1,8	3,2	0,2	0,2	0,2	0,05	0,04	0,05
7	4,3	2,8	4,2	0,6	0,9	1,1	0,03	0,02	0
8	3,1	1,8	2,9	0,2	0	0,2	0,03	0,01	0,03
9	3	2,1	2,7	0,4	0,3	0,1	0,02	0,02	0,03
10	2,4	1,7	2,3	0,1	0,1	0,1	0,02	0,01	0,01
11	2	1,9	2,1	0,4	0,6	0,2	0,01	0,02	0,02
12	1,6	1,6	1,8	0	0	0	0,01	0,01	0,02
13	1,5	1,7	1,5	0,2	0,1	0,4	0,01	0,01	0
14	1	1,3	1,1	0	0,1	0,2	0	0	0
15	0,8	1,2	1,1	0	0,2	0,2	0	0	0
16	0,4	1,3	0,8	0,2	0	0,1	0	0	0
17	0,4	1,1	0,5	0,3	0,3	0,1	0	0	0
18	0,4	1,1	0,3	0	0,2	0	0	0	0
19	0,6	1,1	0,3	0,2	0,2	0,3	0	0	0
20	0,8	0,9	0,4	0	0	0	0	0	0
THD-F(%)	6,2	6,0	6,9	2,5	2,8	2,4	23,5	24	23,8

Berikut ini ditampilkan bar chart harmonisa untuk pengontrol tegangan ac semi terkontrol yang dibebani motor induksi.

Dari keseluruhan bar-chart harmonisa dapat dilihat suatu kesamaan tentang harmonisa yang terjadi di dalam peralatan pengontrol tegangan yang telah dibuat yaitu untuk setiap perubahan sudut pemuncian maka akan terjadi perubahan pada harmonisanya dimana semakin besar sudut pemuncian yang diberikan maka akan semakin besar harmonisa yang terjadi. Hal ini dapat terjadi karena semakin kecil sudut picu maka semakin sinusoidal gelombang tegangan yang dihasilkan, sehingga distorsinya semakin kecil.

Selain itu juga, amplitudo harmonisa (berlaku untuk semua pengujian) akan semakin kecil dengan adanya peningkatan frekuensinya.

Berikut ini diberikan perbandingan THD tiap-tiap pengontrol tegangan ac dengan pembebanan resistif dan induktif

Tabel 4.5 THD tegangan dan arus

SUDUT PICU	THD TEGANGAN		THD ARUS	
	BEBAN	SUMBER		
FULL CONTROL BEBAN RESISTIF	0	2,70%	2,40%	2,40%
	30	12,70%	2,40%	13,50%
	60	36,90%	1,90%	37,70%
	90	62,90%	1,80%	62,90%
	120	89,00%	2,10%	84,10%
FULL CONTROL BEBAN INDUKTIF	0	8,80%	2,10%	14,60%
	30	13,70%	2,20%	20,70%
	60	18,50%	2,70%	37,40%
	90	28,10%	3,90%	62,10%
	120	53,40%	2,20%	55,00%
HALF CONTROL BEBAN RESISTIF	0	2,80%	2,60%	2,60%
	30	6,00%	1,80%	5,60%
	60	24,90%	2,30%	24,90%
	90	38,20%	2,00%	39,20%
	120	53,40%	2,20%	55,00%
HALF CONTROL BEBAN INDUKTIF	0	6,20%	2,40%	16,80%
	30	9,30%	2,60%	23,00%
	60	10,80%	2,70%	31,90%
	90	8,50%	2,60%	28,30%
	120	10,80%	2,70%	31,90%

Tabel 4.6 Batasan distorsi dan klasifikasi system tegangan rendah^[15]

	Special Applications ¹	General System	Dedicated System ²
Notch Depth	10%	20%	50%
THD (voltage)	3%	5%	10%
Notch Area(A _n) ³	16.400	22.800	36.500

1. Special applications termasuk resistifumah sakit dan bandara
2. Dedicated system dikhususkan untuk beban konverter
3. untuk tegangan-mikrosekon pada arus dan tegangan resistifata-rata

Pada pengukuran yang telah dilakukan dengan sistem tiga fasa yang dibebani oleh suatu konverter terdapat batasan sesuai dengan standart IEEE yaitu sebesar 10%. Dari data yang telah didapat untuk pengontrol tegangan ac baik yang semi terkontrol atau terkontrol penuh yang dibebani dengan beban resistif dan induktif memiliki THD tidak lebih dari 3%. Sehingga dapat dikatakan bahwa peralatan ini memiliki tingkat distorsi yang kecil.

V. PENUTUP

5.1. KESIMPULAN

Dari hasil analisa tentang harmonisa pada rangkaian pengontrol tegangan ac gelombang penuh dan setengah gelombang dengan menggunakan dioda dan thyristor dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Harmonisa yang timbul akibat pemakaian thyristor dan dioda pada konverter ac-ac mempunyai dominasi timbul pada orde ganjil yaitu pada 3, 5, 9, 11, 13
2. Dari keseluruhan bar-chart harmonisa dapat dilihat suatu kesamaan tentang harmonisa yang terjadi di dalam peralatan pengontrol tegangan yang telah dibuat yaitu untuk setiap perubahan sudut picu maka akan terjadi perubahan pada harmonisanya dimana semakin besar sudut picu yang diberikan maka akan semakin besar harmonisa yang terjadi.
3. Dari pengujian dengan menggunakan konverter semi terkontrol memiliki nilai THD yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan terkontrol penuh
4. Pada pengujian dengan beban yang sama, perubahan sudut pemicuan akan mengakibatkan THD berubah dimana semakin besar sudut picu maka semakin beasr THDnya.
5. THD yang terukur pada pengujian konverter ac-ac tiga fasa ini tidak mencapai 3% yang berarti masih berada dalam toleransi menurut IEEE.

5.2 SARAN

1. Dalam aplikasi rangkaian pengontrol tegangan ac untuk mengurangi nilai harmonisa yang dihasilkan sebaiknya dipilih pengontrol tegangan ac jenis setengah terkontrol karena memiliki nilai harmonisa yang lebih kecil daripada rangkaian pengontrol tegangan ac terkontrol penuh.
2. Penggunaan dioda dan thyristor sebagai rangkaian pengontrol tegangan ac ini memang masih dapat ditoleransi, akan tetapi apabila terjadi akumulasi pemakaian konverter ini maka perlu dipertimbangkan regulasi untuk membatasi harmonisanya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmed, Ashfaq, *Power Electronics for Technology*, Low Price Edition, 2003
- [2] Arrilangga, *Power System Harmonics*, John Wiley & Sons, 1985
- [3] Asghar,Jamil MS, *Power Electronics*, Prentice-Hall of India, New Delhi, 2004
- [4] Grafham,D.R., *SCR Manual including TRIACs and Other Thyristor*, General Electric, 1979
- [5] Hoevenaars, Tony, *Interpreting IEEE std 519 and Meeting its Harmonics Limits in VFD Applications*, IEEE Paper No. PCIC-2003-15, 2003
- [6] <http://www.hioki.co.jp/>
- [7] Jusmin Sutanto, Hernadi Buhron, *Implikasi Harmonisa dalam Sistem Tenaga Listrik dan Alternatif Solusinya*, Dept. Teknik Energi Politeknik Negeri Bandung dan Dept. Teknik Elektro Universitas Siliwangi Tasikmalaya & Staf operasi distribusi PLN Distribusi Jawa Barat dan Banten, 2003.
- [8] K cheng, David, *Analisa Sistem Linier*, Aksara Persada Press, 1984
- [9] Lundquist, Johan, *On Harmonics Distortion in Power Systems*, Chalmers University of Technology, 2001
- [10] Mohan, Ned, *Power Electronics : Converters, Application, and Design*, John Wiley, 1983.
- [11] Paice, Derek, *Power Electronic Converter Harmonics*, IEEE Press, 1996
- [12] Pamungkas, Wisnu, *Evaluasi Harmonisa Beban Non Linear Studi Kasus Pada PT. Stevania Djarum Kudus.2005*
- [13] Rashid, Muhammad, *Power Electronics Handbook*, Academic Press, 2001.

Rheni Dariati
Lahir di Guntung Payung, Banjar Baru, Kal-Tim.
Sekarang sedang menyelesaikan studi di jurusan
Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas
Diponegoro konsentrasi ketenagalistrikan.

Semarang, Juni 2006
Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. Agung Warsito, DHET
NIP 132 668 485

Mochammad Facta, ST.MT
NIP 132 231 134