

LAPORAN PENELITIAN

**MINIMALISASI HARMONISA BEBAN NON LINIER DENGAN FILTER
AKTIF MULTILEVEL INVERTER MENGGUNAKAN
SIMULASI SIMULINK**



OLEH
MUTIAR
SURYA DARMA
NIDN. 0209116201

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PALEMBANG
TAHUN 2019

LAPORAN PENELITIAN

Judul : Minimalisasi Harmonisa Beban Non Linier Dengan Filter Aktif Multilevel Inverter Menggunakan Simulasi Simulink

Nama Ketua Peneliti : Mutiar, ST., MT.
NIDN : 0005106403
Pangkat / Gol. / Jabatan :
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Telepon/HP/Faksimili : - /
e-mail :

Nama Anggota Peneliti : Surya Darma, ST., MT
NIDN : 0209116201
Pangkat / Gol. / Jabatan : Penata/ III.c / Lektor
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Telepon/HP/Faksimili : - / 081366551962
e-mail :

Tempat Penelitian :
Waktu Penelitian : Agustus – Oktober 2019
Biaya Penelitian : Rp. 7.500.000,-
Sumber Dana : Universitas Palembang

Palembang, November 2019

Mengetahui :
Dekan Fakultas Teknik,

Peneliti,



Ir. S.S. Purwanto, MT.
NIDN. 0022115001

Mutiar, ST., MT.
NIDN. 0005106403



Dr. Ir. Asmawati, M.Si.
NIDN. 0223056101

DAFTAR ISI

	Halaman
Daftar Isi	<i>iii</i>
Kata Pengantar	<i>iv</i>
Daftar Gambar	<i>v</i>
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Manfaat Penelitian.....	3
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka	3
2.1. Inverter jembatan penuh	3
2.2. Multilevel Inverter.....	6
2.3. Modulasi lebar pulsa Uniform.....	10
2.4. Penguatan (Amplifiers)	10
2.5. Rangkaian Op-Amp Membalik.....	
2.6. Rangkaian penyearah gelombang penuh.....	
Bab 3. Metode Penelitian	12
3.1. Rangkaian filter analog	12
3.2. Rangkaian Simulasi beban non linier.....	13
3.3. Rangkaian simulasi pensaklaran multilevel inverter jembatan penuh.....	
3.4. Rangkaian simulasi beban non linier dengan filter multilevel inverter jembatan penuh.....	
Bab 4. Pembahasan	14
4.1. Simulasi tanpa filter.....	14
4.2. Hasil simulasi dengan filter multilevel inverter jembatan penuh.....	15
4.3. Hasil pengukuran orde ganjil harmonisa arus masukan beban	18
Bab 5. Kesimpulan	20
5.1. Kesimpulan	20
Daftar Pustaka	21

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT karena Berkat Rahmat dan Karunianya penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian yang berjudul “*Minimalisasi Harmonisa Beban Non Linier Dengan Filter Aktif Multilevel Inverter Menggunakan Simulasi Simulink*”

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada LPPM Universitas Palembang yang telah memberikan saran, petunjuk, motivasi dan membimbing dalam menyelesaikan penulisan Laporan Penelitian ini, serta semua pihak yang telah membantu hingga selesainya Laporan Penelitian ini.

Akhirnya tidak ada yang sempurna kecuali Allah SWT. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima kritik dan saran yang membangun dalam rangka penyempurnaan Laporan Penelitian ini. Kiranya Laporan Penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Palembang, November 2019

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Pick Line Vacuum	6
Gambar 2. Interface Board	7
Gambar 3. Gear Putih dan Biru	7
Gambar 4. Spacer dan Cover Kaset	8
Gambar 5. Configuration Bill Size dan Singularity Tidak Tepat	8
Gambar 6. Sensor Dispenser Modul	8
Gambar 7. D-Whell Shaft	9
Gambar 8. Slank Tube	9
Gambar 9. Feed Module (Hopper)	9
Gambar 10. Pembuatan Layar Utama	15
Gambar 11. Penginisialisasian Bahasa	16
Gambar 12. Penginisialisasian Warna	16
Gambar 13. Penginisialisasian	16
Gambar 14. Penginisialisasian Durasi dan Logo	17
Gambar 15. Pembuatan Judul Error Display	17
Gambar 16. Pembuatan Error Place 1	17
Gambar 17. Pembuatan Error Place 2	18
Gambar 18. Tampilan Input Kode Error	18
Gambar 19. Tampilan Contoh Aplikasi	18
Gambar 20. Tampilan Penjelasan dalam Bahasa Inggris	19

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Filter harmonisa mempunyai beberapa mode untuk mengoptimalkan peredaman terhadap harmonisa yaitu filter pasif dan filter aktif. Filter aktif dapat berfungsi sebagai arus atau tegangan terkendali yang terkomposisi komponen harmonisa untuk diinjeksikan ke jaringan yang terkomposisi harmonisa dengan amplitudo yang sama dan polaritas yang berlawanan. Secara otomatis jika terdapat orde harmonisa arus atau tegangan yang diakibatkan oleh perubahan beban maka tidak perlu untuk mengubah filter yang telah ada, tetapi dapat menyesuaikan orde harmonisa yang ditimbulkan oleh beban tersebut.

Dari kelebihan filter ini, maka penulis mencoba untuk melakukan simulasi filter otomatis dengan bantuan Simulink. Filter otomatis ini menggunakan multilevel inverter jembatan penuh, oleh karena itu judul penelitian ini adalah Minimalisasi harmonisa beban non linier dengan filter aktif multilevel inverter menggunakan simulasi Simulink.

1.2 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui besarnya total harmonik distorsi yang dapat diminimalisasi dari beban non linier sebelum di filter dengan filter multilevel inverter.
2. Untuk mengetahui besarnya total harmonik distorsi yang dapat diminimalisasi dari beban non linier sesudah di filter dengan filter multilevel inverter.

1.3 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui besarnya total harmonik distorsi yang dapat diminimalisasi dari beban non linier sebelum di filter dengan filter multilevel inverter.
2. Dapat mengetahui besarnya total harmonik distorsi yang dapat diminimalisasi dari beban non linier sesudah di filter dengan filter multilevel inverter.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

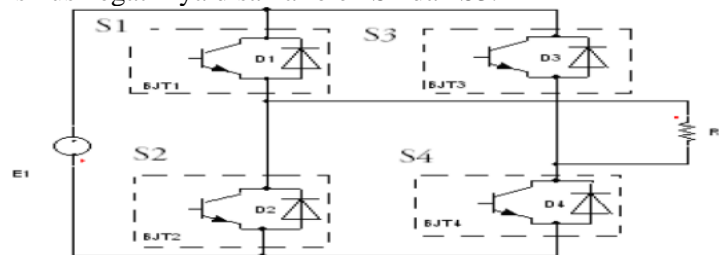
1. Bagaimana besarnya total harmonik distorsi yang dapat diminimalisasikan dari beban non linier sebelum di filter dengan filter multilevel inverter.
2. Bagaimana besarnya total harmonik distorsi yang dapat diminimalisasikan dari beban non linier sesudah di filter dengan filter multilevel inverter.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Inverter Jembatan Penuh

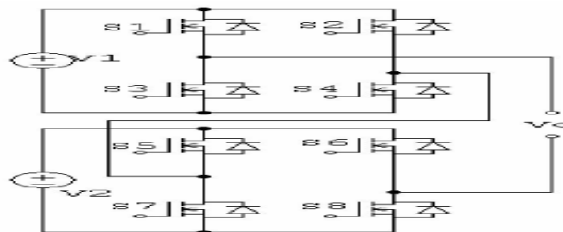
Inverter Jembatan penuh terdiri dari dua inverter setengah jembatan seperti terlihat pada Gambar 1. Inverter jembatan penuh satu fasa terbuat dari empat buah transistor dan pensaklarannya dilakukan secara berlawanan arah yang menghantar hanya satu arah. Operasi Inverter jembatan dilakukan dengan pensaklaran, dimana transistor pertama disaklar oleh S1, transistor kedua disaklar oleh S2 dan seterusnya. Setengah siklus positif dari gelombang disaklar oleh S1 dan S4 dan siklus negatifnya disaklar oleh S2 dan S3.



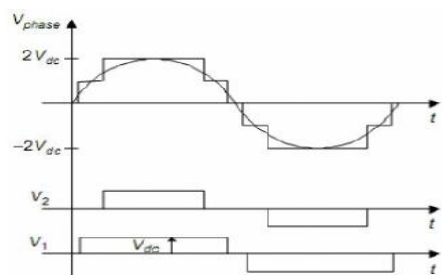
Gambar 1. Inverter jembatan penuh satu fasa.

2.2 Multilevel Inverter

Multilevel inverter sebagai solusi untuk menghasilkan keluaran yang mendekati sinusoidal dan penggunaan filter yang minim serta beroperasi pada frekuensi pensaklaran fundamental yang cocok digunakan pada aplikasi daya yang besar



Gambar 2. Rangkaian multilevel inverter 5 level.

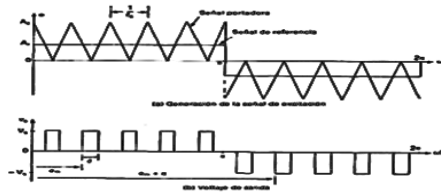


Gambar 3. Gelombang keluaran multilevel inverter 5level.

2.3 Modulasi Lebar Pulsa Uniform

Modulasi lebar pulsa *uniform* (UPWM) adalah salah satu teknik untuk mengatur penyaklaran transistor dalam inverter. Teknik ini pada dasarnya adalah membandingkan dua sinyal untuk mendapatkan pola penyaklaran transistor, lihat Gambar 4. Sinyal pertama adalah

sinyal repetitif dengan frekuensi f_c sebagai sinyal *carrier* dan biasanya adalah sinyal segitiga V_{tri} . sinyal kedua adalah sinyal yang akan dimodulasi untuk mendapatkan bentuk keluaran yang diinginkan dan biasa disebut sinyal modulasi atau sinyal referensi V^{con} .



Gambar 4. Gelombang kontrol dan segi tiga untuk pensaklaran uniform.

$$V_o = \left[\frac{2p}{2\pi} \int_{(\frac{\pi}{p}-\delta)/2}^{(\frac{\pi}{p}+\delta)/2} V_s^2 d(\omega t) \right]^{1/2} = V_s \sqrt{\frac{p\delta}{\pi}} \dots\dots\dots (1)$$

Bentuk umum *fourier series* untuk tegangan keluaran adalah:

$$V_o(t) = \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} B_n \sin n\omega t \dots\dots\dots (2)$$

2.4 Penguatan (Amplifiers)

Penguatan merupakan rangkaian elektronik yang dapat meningkatkan magnitudo dari sinyal masukan. *Gain* dari *penguatan* adalah rasio dari keluaran ke masukan.

$$\text{Voltage Gain} = \frac{\text{Output voltage}}{\text{input voltage}}$$

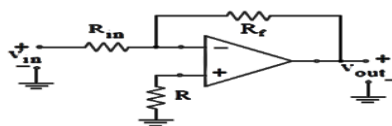
2.5 Rangkaian Op-Amp Membalik

Pada Gambar 5, terlihat rangkaian op-amp membalik yang terdiri dari tegangan masukan dan keluaran serta tahanan Rind an Rf, adapun persamaan gain tegangan dan tegangan keluaran adalah:

$$G_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} \dots\dots\dots (3)$$

$$G_v = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_{in}} \dots\dots\dots (4)$$

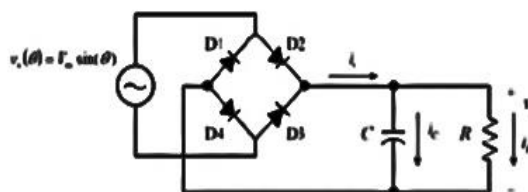
$$\frac{V_o}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1} \dots\dots\dots (5)$$



Gambar 5. Rangkaian inverting op-amp.

2.6 Rangkaian Penyearah Gelombang Penuh

Sebuah penyearah adalah rangkaian yang dapat mengkonversikan sinyal AC menjadi sinyal DC. Penyearah tak terkendali Gambar 6, adalah suatu sistem penyearahan sinyal yang memiliki karakteristik gelombang keluaran hanya bergantung pada komponen itu sendiri.



Gambar 6. Penyearah gelombang penuh dengan beban C dan R.

$$V_{ripple} = \frac{V_m}{2fRC} \dots\dots\dots (6)$$

Sehingga didapatkan tegangan DC dari penyearah adalah:

$$V_{DC} = V_m - \frac{V_{ripple}}{2} = V_m - \frac{V_m}{4fRC} \dots\dots\dots (7)$$

$$I_{DC} = \frac{V_{DC}}{R} \dots\dots\dots (8)$$

Arus masukan yang diberikan dari persamaan fourier series adalah: [14]

$$:i_1(t) = I_{DC} + \sum_{n=1,3,\dots} (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t)$$

$$I_{DC} = 0, a_n = 0, \text{ dan } b_n = \frac{4I_{DC}}{n\pi}$$

Maka, nilai fundamental arus masukan adalah

$$I_{s_1} = \frac{4I_{DC}}{\pi\sqrt{2}} = 0,90 I_A \dots\dots\dots (9)$$

Nilai arus masuk-masukkan.

$$I_s = \frac{4}{\pi\sqrt{2}} I_a \left[1 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{5}\right)^2 + \left(\frac{1}{7}\right)^2 + \dots \right]^{1/2} \dots\dots\dots (10)$$

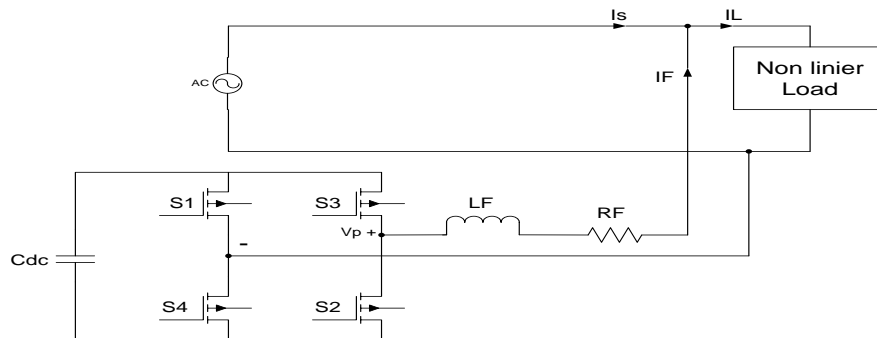
$$THD = \left[\left(\frac{I_s}{I_{s_1}}\right)^2 - 1 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (11)$$

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rangkaian filter analog

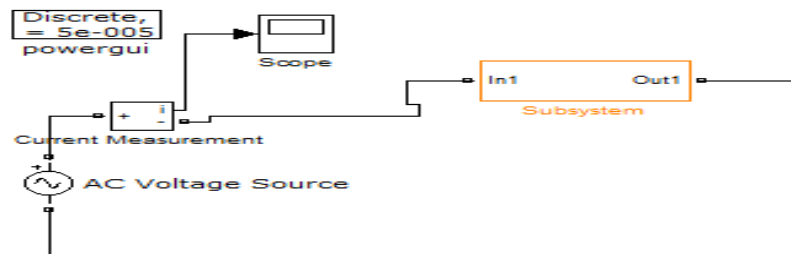
Perancangan rangkaian filter analog digunakan untuk menghasilkan arus yang terdistorsi untuk mengkompensasi arus distorsi yang dihasilkan beban terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian filter analog.

3.2 Rangkaian Simulasi Beban Non Linier.

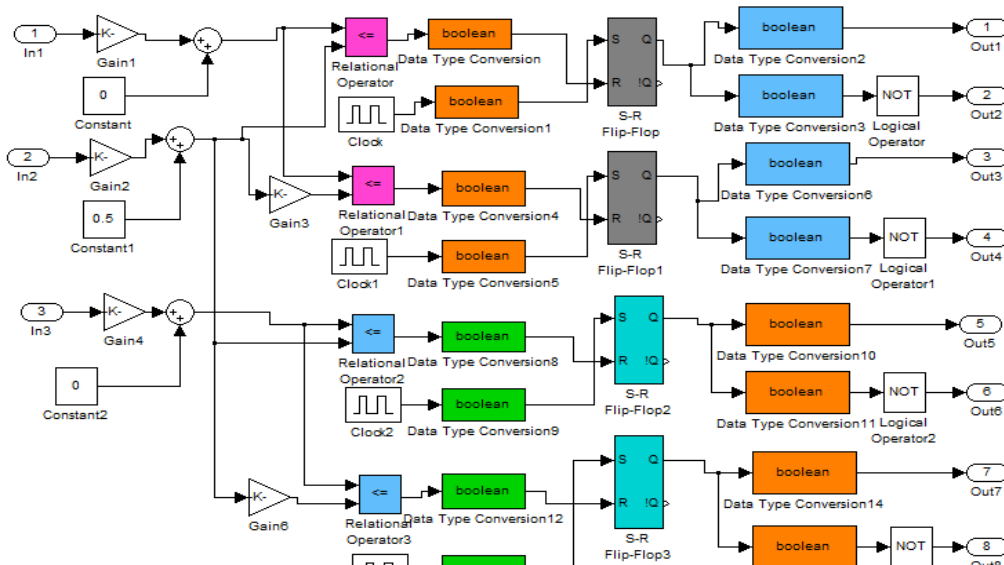
Rangkaian simulasi beban non linier seperti terlihat pada Gambar 8, pada subsystem terdapat rangkaian beban non linier.



Gambar 8. Rangkaian simulasi beban non linier.

3.3 Rangkaian Simulasi Pensaklaran Multilevel inverter Jembatan penuh

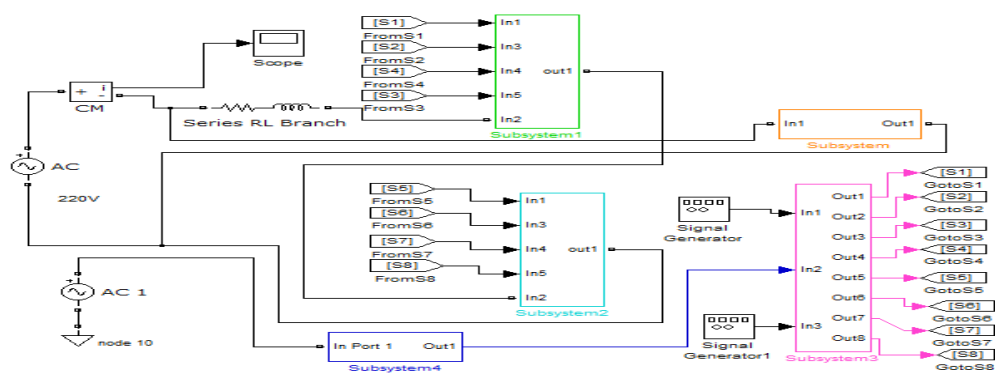
Rangkaian simulasi pensaklaran multilevel inverter digunakan sebagai pembangkit pulsa modulasi untuk mentrigger multilevel inverter sebagai filter, terlihat pada gambar 9.



Gambar 9. Rangkaian Pensaklaran Multilevel Inverter Jembatan Penuh.

3.4 Rangkaian Simulasi Beban Non Linier dengan Filter Multilevel Inverter Jembatan Penuh

Rangkaian simulasi filter multilevel inverter jembatan penuh seperti terlihat pada Gambar 10. Pada subsystem terdapat rangkaian beban non linier, subsystem 1 dan 2 terdapat rangkaian inverter jembatan penuh sebagai multilevel, subsystem 3 terdapat rangkaian pensaklaran multilevel inverter jembatan penuh dan subsystem 3 terdapat rangkaian filter analog.



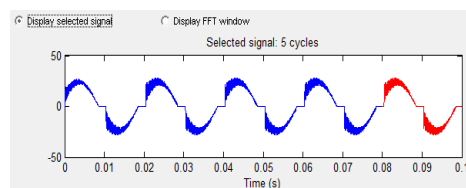
Gambar 10. Rangkaian filter multilevel inverter jembatan penuh.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

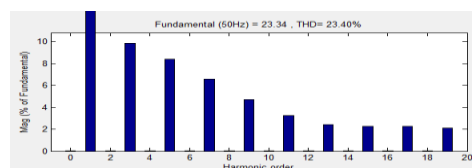
4.1 Hasil

4.1.1 Simulasi Tanpa Filter

Pada Gambar 11 menunjukkan bentuk gelombang arus masukan beban non linier tanpa filter dengan jumlah cycles yang tampil sebanyak 5 dengan waktu 0,1 dan Gambar 12 komponen orde harmonisa untuk beban $R = 10\Omega$ dan $C = 150\mu F$.

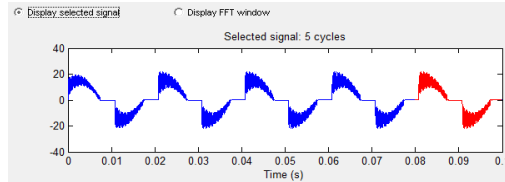


Gambar 11. Gelombang arus masukan beban non linier tanpa filter.

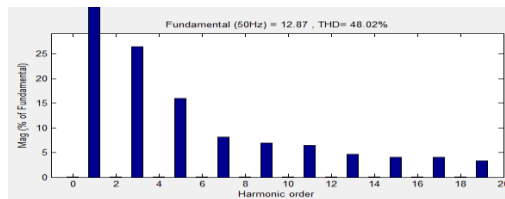


Gambar 12. Komponen orde harmonisa tanpa filter.

Pada Gambar 13 menunjukkan bentuk gelombang arus masukan beban non linier tanpa filter dengan jumlah cycles yang tampil sebanyak 5 dengan waktu 0,1 dan Gambar 14 komponen orde harmonisa untuk beban $R = 20\Omega$ dan $C = 150\mu F$.



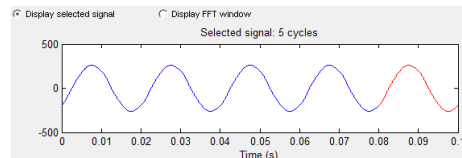
Gambar 13. Gelombang arus masukan beban non linier tanpa filter.



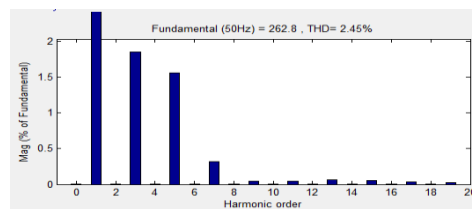
Gambar 14. Komponen orde harmonisa tanpa filter.

4.1.2 Hasil Simulasi Dengan Filter Multilevel Inverter Jembatan Penuh

Pada Gambar 15, menunjukkan bentuk gelombang arus masukan beban non linier tanpa filter dengan jumlah cycles yang tampil sebanyak 5 dengan waktu 0,1 detik dan Gambar 16, komponen orde harmonisa untuk beban $R = 10\Omega$ dan $C = 150\mu F$.

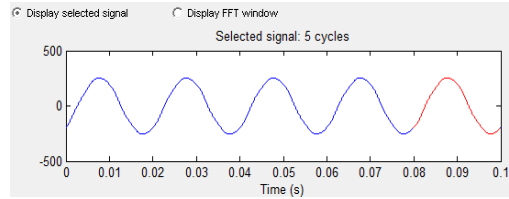


Gambar 15. Gelombang arus masukan beban nonlinier masukan dengan fiter multilevel inverter jembatan penuh.

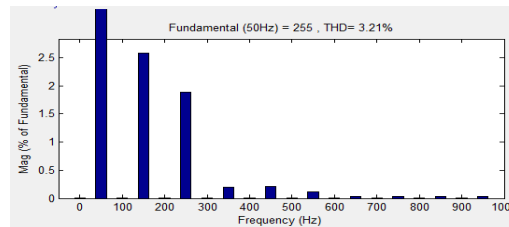


Gambar 16. Komponen order harmonisa dengan fiter multilevel inverter jembatan penuh.

Pada Gambar 17, menunjukkan bentuk gelombang arus masukan beban non linier tanpa filter dengan jumlah cycles yang tampil sebanyak 5 dengan waktu 0,1 detik dan Gambar 18, komponen orde harmonisa untuk beban $R = 20\Omega$ dan $C = 150\mu F$.



Gambar 17. Gelombang arus masukan beban non linier masukan dengan fliter multilevel inverter jembatan penuh.



Gambar 18. Komponen order harmonisa dengan filter multilevel inverter jembatan penuh.

4.1.3 Hasil Pengukuran Orde Ganjil Harmonisa Arus Masukan Beban

Pada Tabel 1, merupakan data pengukuran untuk mengetahui kandungan harmonisa pada arus masukan beban pada tiap orde harmonisa yaitu dari 1 sampai dengan 19.

Tabel 1. Hasil pengukuran orde ganjil harmonisa pada beban $R = 10 \Omega$ dan $C = 150 \mu F$.

<u>Harmonisa</u> <u>Ke-n</u>	<u>Tanpa filter</u>	<u>Filter multilevel</u> <u>inverter</u>
	Magnitudo (%)	
1	100	100
3	9,84	1,85
5	8,40	1,56
7	6,59	0,32
9	4,73	0,04
11	3,23	0,05
13	2,44	0,06
15	2,28	0,05
17	2,25	0,04
19	2,08	0,02
THD (%)	23,40 %	2,45%

Pada Tabel 2, merupakan data pengukuran untuk mengetahui kandungan harmonisa pada arus masukan beban pada tiap orde harmonisa yaitu dari 1 sampai dengan 19.

Tabel 2. Hasil pengukuran orde ganjil harmonisa beban $R = 20 \Omega$ dan $C = 150 \mu F$.

<u>Harmonisa</u> <u>ke-n</u>	<u>Tanpa</u> <u>Filter</u>	<u>Filter</u> <u>multilevel</u> <u>inverter</u>
	Magnitudo (%)	
1	100	100
3	26,55	2,57
5	16,03	1,89
7	8,10	0,19
9	6,88	0,21
11	6,41	0,12
13	4,68	0,03
15	4,08	0,03
17	4,03	0,04
19	3,32	0,03
THD (%)	48,02 %	3,21 %

BAB IV

PEMBAHASAN

Pada Table 1 terlihat bahwa tanpa kompensasi hanya harmonisa ganjil yang tampil, sedangkan harmonisa genap tidak tampil dan kandungan harmonisa yang tinggi terjadi pada orde yang rendah atau pada frekuensi yang rendah. kandungan harmonisa sebelum difilter sangat tinggi dengan bentuk gelombang arus yang terdistorsi dan total distorsi harmonisa untuk beban 10 Ohm dan 20 Ohm adalah 23,40% dan 48,02%.

Sedangkan dengan menggunakan filter multilevel inverter jembatan penuh yang distorsi harmonisanya mengecil dari filter inverter jembatan penuh yang gelombang arus masukan beban hampir mendekati bentuk sinusoidal. Pada Table 2 terlihat bahwa dengan kompensasi hanya harmonisa ganji yang muncul, sedangkan harmonisa genap nol dan kandungan harmonisa yang tinggi terjadi pada orde rendah atau frekuensi yang rendah. Total distorsi harmonisa untuk beban 10 Ω dan 20 Ω adalah 2,45% dan 3,21%, maka terjadi pengurangan sebesar 20,95% dan 44,81%. Ketika terjadi perubahan beban, maka filter ini secara otomatis dapat memfilter kandungan harmonisa yang dihasilkan oleh beban non linier. Seperti dari hasil pengukuran THD yang didapatkan dengan perubahan beban dari R = 10 Ω menjadi 20 Ω dihasilkan THD 2,45% dan 3,21% untuk filter multilevel inverter jembatan penuh.

BAB V

PENUTUP

Minimalisasi harmonisa beban non linier dengan filter aktif multilevel inverter menggunakan simulasi Simulink dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Minimalisasi harmonisa arus beban non linier dengan filter aktif multilevel inverter jembatan penuh untuk beban 10 Ω adalah sebesar 2,45% dan beban 20 Ω sebesar 3,21 %
2. Simulasi filter aktif untuk multilevel inverter jembatan penuh dapat meminimisasi THD arus beban non linier 1.95% dan 2,60% lebih besar dari filter otomatis inverter jembatan penuh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ali Emadi, Abdoel Hosein Nasiri, Stoyan B. Bekiarov , *Uninter Up Tible Power Supplies And Active Filters*, London, 2005.
- [2] C.C Marouchos, *The Switching Function of Power Electronic*, Intitution of Engineering and Technology, London, 2008.
- [3] Elih Mulyana dkk, *Analisis Harmonisa Arus dan Tegangan di Gedung TLK UPI*, Peneliti Kompetiti UPI, 2008.
- [4] Fang Lin Luo, Hong Ye , Muhammad Rashid, *Digital Power Electronics and Applications*, Boston, 2005.

