

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

Mutiar¹ / Surya Darma²

¹Dosen Teknik Elektro Program Studi Teknik Listrik Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang,

²Dosen Tetap Yayasan Pada Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik Universitas Palembang

ABSTRAK

Minimalisasi harmonisa pada beban non linier dengan filter aktif multilevel inverter ini merupakan filter aktif otomatis dengan menggunakan simulasi Simulink. Filter aktif ini menggunakan pensaklaran modulasi lebar pulsa yang sama dan dua rangkaian inverter jembatan penuh yang dihubungkan seri. Topologi filter otomatis di hubungkan parallel ke masukan beban non linier. Beban non linier menggunakan jembatan diode satu fasa yang diparalel dengan kapasitor dan resistor. Hasil dari simulasi menunjukkan resistor 10 Ω dan 20 Ω sebelum difilter adalah 23.40% and 48.02%, dan sesudah difiter dengan jembatan penuh multilevel inverter adalah 2.45% and 3.21%

Kata Kunci :Multilevel Inverter, THD, Simulink.

1. 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 in 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 harmonic distorsi yang dapat diminimalisasi dari beban non linier sesudah di filter dengan fikter multilevel inverter.

1.4 Ruang Lingkup

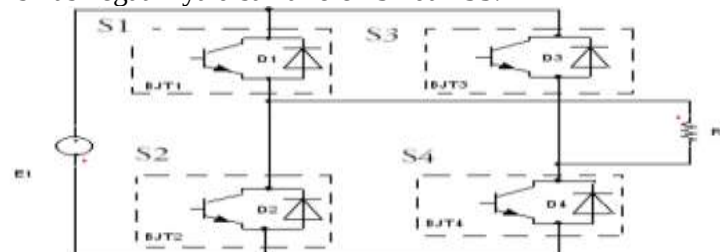
Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

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

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Inverter Jembatan Penuh

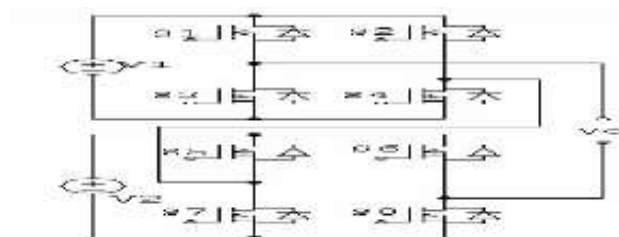
Inverter Jembatan penuh terdiri dari dua inverter setengah jembatan seperti terlihat pada Gambar 1. Inverter jembatan penuh satu fasa terbuat dari empat buah transistor dan pensaklarannya dilakukan secara berlawanan arah yang menghantar hanya satu arah. Operasi Inverter jembatan dilakukan dengan pensaklaran, 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.



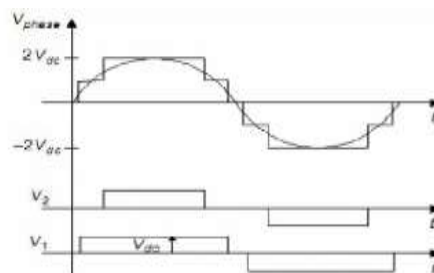
Gambar 1. Inverter jembatan penuh satu fasa.

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



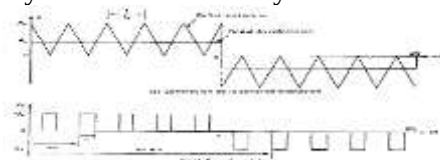
Gambar 2. Rangkaian multilevel inverter 5 level.



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.

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

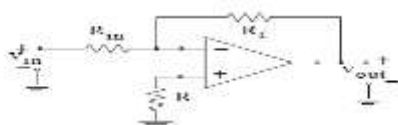
2.5 Rangkaian Op-Amp Membalik

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:

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

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

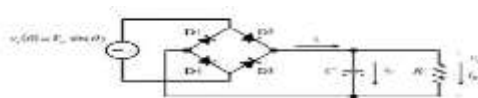
$$\frac{V_o}{V_{in}} = -\frac{R_2}{R_1} \dots\dots\dots (5)$$



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

$$I_{s1} = \frac{4I_{DC}}{\pi\sqrt{2}} = 0,90 I_A \dots\dots\dots (9)$$

Nilai arus masuk-masukkan.

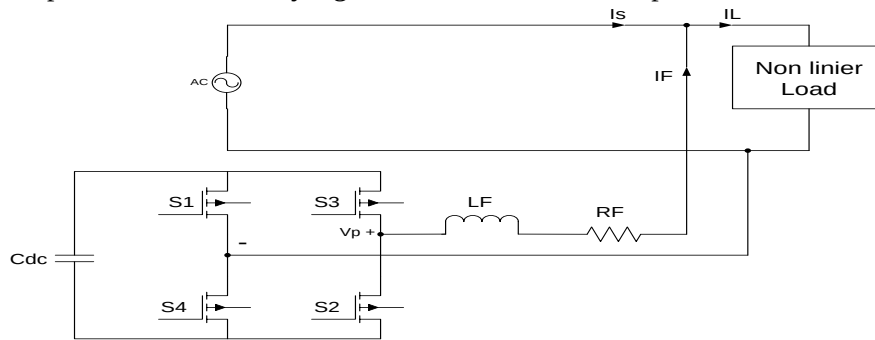
$$I_s = \frac{4}{\pi\sqrt{2}} I_a \left[1 + \left(\frac{1}{3}\right)^2 + \left(\frac{1}{5}\right)^2 + \left(\frac{1}{7}\right)^2 + \dots \right]^{1/2} \dots\dots\dots (10)$$

$$THD = \left[\left(\frac{I_s}{I_{s1}} \right)^2 - 1 \right]^{1/2} \dots\dots\dots (11)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rangkaian filter analog

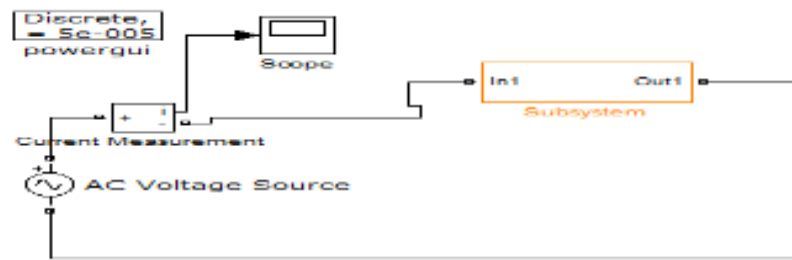
Perancangan rangkaian filter analog digunakan untuk menghasilkan arus yang terdistorsi untuk mengkompensasi arus distorsi yang dihasilkan beban terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Rangkaian filter analog.

3.2 Rangkaian Simulasi Beban Non Linier.

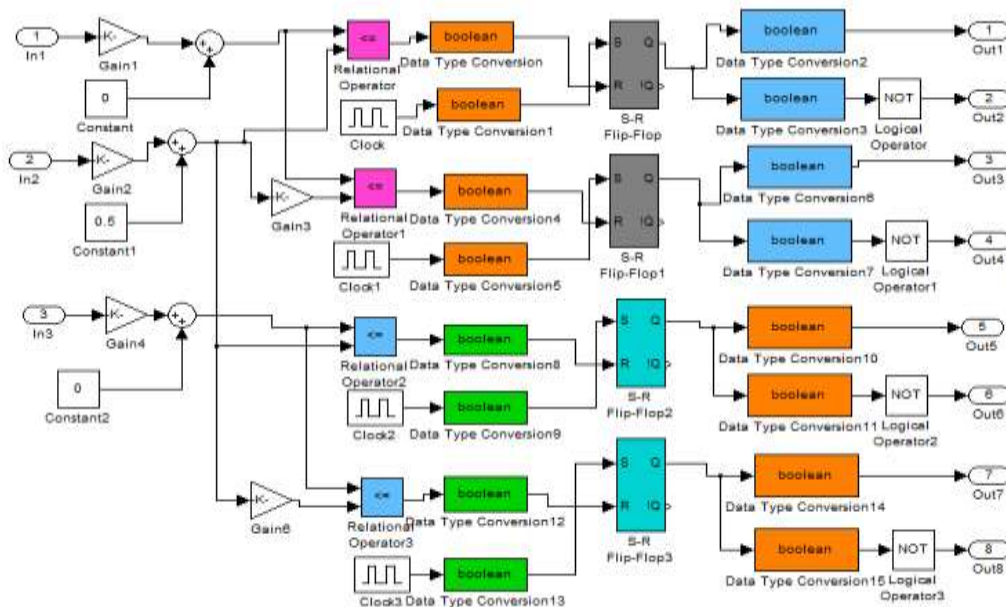
Rangkaian simulasi beban non linier seperti terlihat pada Gambar 8, pada subsystem terdapat rangkaian beban non linier.



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.

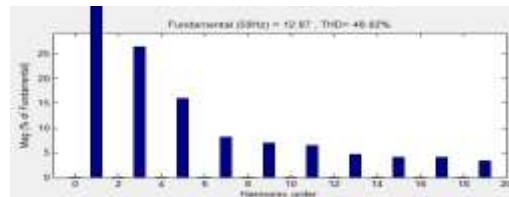


Gambar 9. Rangkaian Pensaklaran Multilevel Inverter Jembatan Penuh.

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.

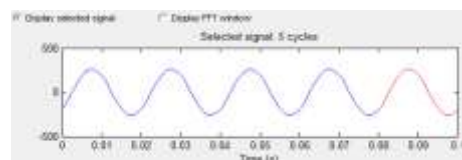
Gambar 13. Gelombang arus masukan beban non linier tanpa filter.



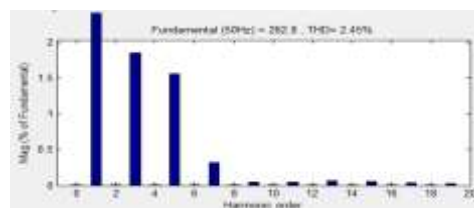
Gambar 14. Komponen orde harmonisa tanpa filter.

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 $C=150\mu F$.

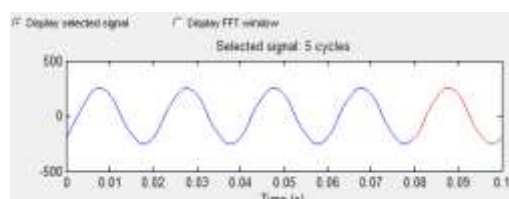


Gambar 15. Gelombang arus masukan beban nonlinier masukan dengan filter multilevel inverter jembatan penuh.

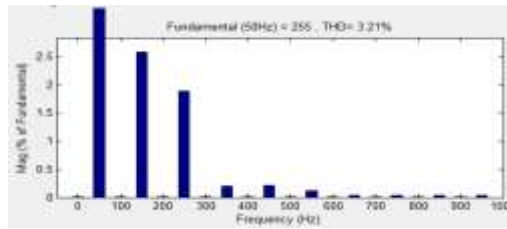


Gambar 16. Komponen order harmonisa dengan filter multilevel inverter jembatan penuh.

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 stiap orde harmonisa yaitu dari 1 sampai dengan 19.

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

Harmonisa Ke-n	Tanpa filter	Filter multilevel inverter
Magnitude (%)		
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 stiap orde harmonisa yaitu dari 1 sampai dengan 19.

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

Harmonisa ke-n	Tanpa Filter	Filter multilevel inverter
Magnitude (%)		
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 %

4.2 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 harmonisnya 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 $10\ \Omega$ dan $20\ \Omega$ 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 $R = 10\ \Omega$ menjadi $20\ \Omega$ dihasilkan THD 2,45% dan 3,21% untuk filter multilevel inverter jembatan penuh.

5. 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 $10\ \Omega$ adalah sebesar 2,45% dan beban $20\ \Omega$ 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.