

IMPLEMENTASI SISTEM KENDALI SPACE VECTOR PWM PADA INVERTER 3 FASA MENGGUNAKAN MIKROKONTROL AT89S52

Emmanuel Agung Nugroho^{*}, Joga Dharma Setiawan
Program Studi Magister Teknik Mesin Spesialisasi Mekatronika
Universitas Diponegoro Semarang
Email : lekagung@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini merancang inverter yang dikendalikan dengan metode Space Vector Pulse Width Modulation (SVPWM) sebagai pengendali motor induksi 3 fasa. Untuk merealisasi sistem kendali SVPWM dilakukan dengan pemodelan menggunakan software Power Simulator. Melalui pemodelan ini dihasilkan data digital yang digunakan untuk mengisi mikrokontroler AT89S52 sebagai rangkaian kontrol digital yang mengendalikan saklar daya inverter. Hasil pengujian inverter SVPWM ini dibandingkan dengan pengujian inverter Volt/Hertz dengan beban motor induksi 3 fasa yang memiliki rating daya 1 KVA. Pengujian meliputi pengukuran frekuensi, arus, tegangan dan kecepatan kerja motor induksi. Dengan menggunakan metode SVPWM sebagai pengendali inverter untuk menggerakkan motor induksi berhasil meningkatkan efisiensi tegangan keluaran inverter sehingga menyebabkan motor induksi bekerja lebih optimal. Hasil penelitian pada skala laboratorium menunjukkan dengan menggunakan metode SVPWM efisiensi tegangan inverter sebesar 58,8% sedangkan dengan metode Volt/Hertz efisiensi tegangan inverter sebesar 53,7%.

Kata kunci : Inverter, Space vector pulse width modulation, mikrokontrol AT89S52, Power Simulator

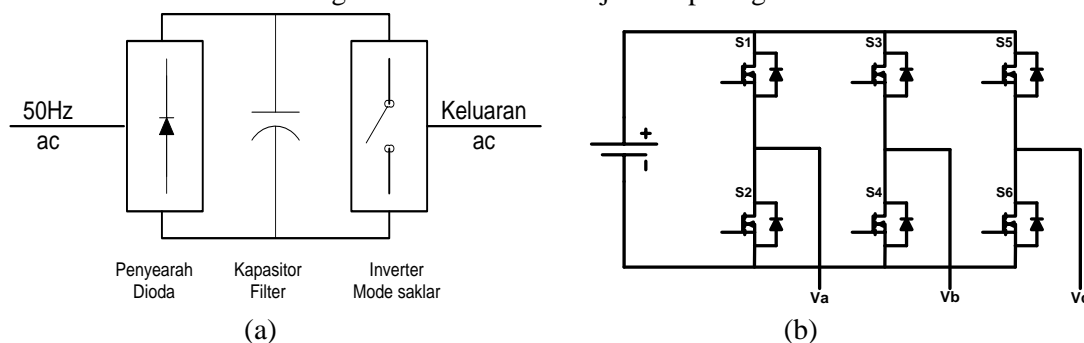
PENDAHULUAN

Inverter terkendali SVPWM adalah alat yang digunakan untuk mengatur kecepatan motor induksi. Metode SVPWM merupakan penggabungan dari pengaturan vektor kecepatan motor dengan PWM yang digunakan sebagai pengatur amplitudo dan frekuensi. Selama ini penjelasan SVPWM terbatas pada persamaan matematis dan kurang dalam hal implementasinya. Pada penelitian ini dibahas implementasi kendali SVPWM pada inverter 3 fasa untuk mengendalikan motor induksi 3 fasa. Implementasi ini meliputi perancangan perangkat lunak yang terapkan pada pemodelan dengan menggunakan software Power Simulator dan hardware yang terapkan pada komponen mikrokontrol AT89S52 sebagai implementasi sistem kontrol digital SVPWM.

Tinjauan Pustaka

Inverter (Konverter DC to AC)

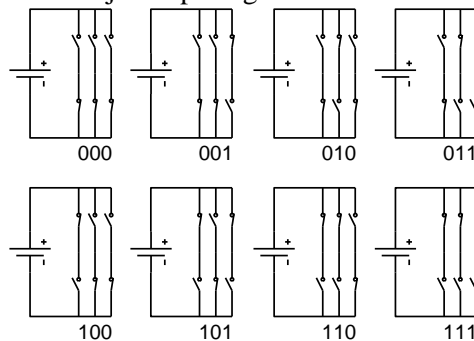
Inverter mode pensaklaran DC ke AC umum digunakan pada aplikasi penggerak motor yang biasa disebut *Variable Speed Drive (VSD)* dan *Uninterruptable Power Supplies (UPS)*. Sistem umum untuk merancang sebuah inverter ditunjukkan pada gambar 1:



Gambar1. (a) Bagian sistem inverter, (b)Konfigurasi inverter 3 fasa 3 lengan [Mohan, 1995]

Pada gambar 1(a) diperlihatkan sumber AC yang dimiliki oleh PLN disearahkan sehingga menghasilkan tegangan DC yang difilter dengan kapasitor. Melalui pengendalian saklar daya inverter tegangan DC ini oleh diubah menjadi tegangan AC. Gambar 1 (b) menunjukkan

konfigurasi *inverter* 3 fasa 3 lengan yang dibentuk oleh 6 buah saklar daya. Suatu *converter* jenis sumber tegangan (*voltage type*) harus memenuhi dua syarat, yaitu saklar yang terletak pada satu lengan tidak boleh konduksi secara bersamaan dan arus sisi AC harus selalu dijaga kontinuitasnya. Mengacu pada kedua syarat tersebut maka akan terdapat 2^3 kondisi (delapan kondisi saklar). Konfigurasi saklar daya inverter ditunjukkan pada gambar 2

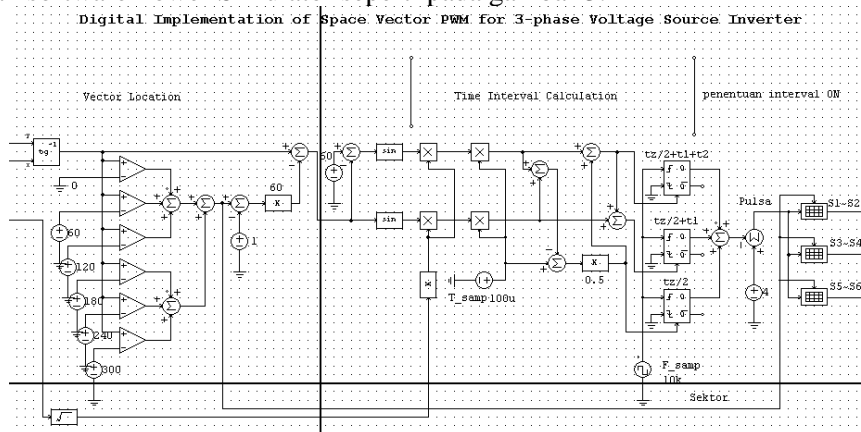


Gambar 2. Konfigurasi saklar daya inverter 3 fasa 3 lengan

Gambar 2 menjelaskan konfigurasi penyaklaran inverter yang dibentuk dari 3 pasang saklar daya sehingga menghasilkan 8 kondisi penyaklaran inverter dari 000 hingga 111.

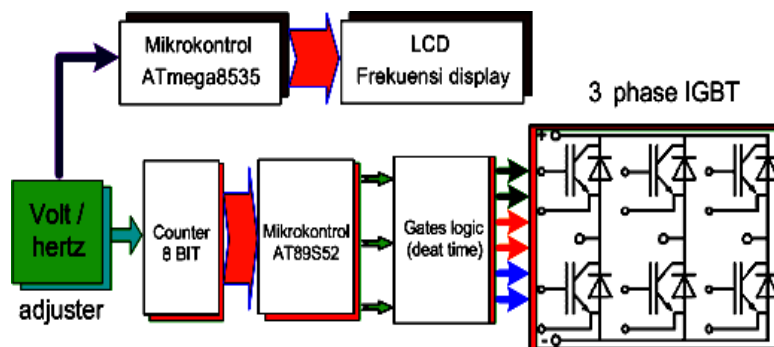
Implementasi SVPWM Inverter ke dalam mikrokontrol AT89S52

Untuk merealisasikan pola penyaklaran SVPWM dilakukan dengan pemodelan menggunakan software Power Simulator seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Pemodelan SVPWM dengan Power Simulator

Dari pemodelan Power Simulator menghasilkan pola penyaklaran digital untuk S1/S2, S3/S4 dan S5/S6. Data digital inilah yang dimasukkan kedalam mikrokontrol AT89S52 secara *look up table*. Alat ini juga menampilkan frekuensi yang dihasilkan oleh inverter dengan menggunakan mikrokontrol Atmega 8535. Implementasi hardware SVPWM Inverter ditunjukkan pada gambar 4.

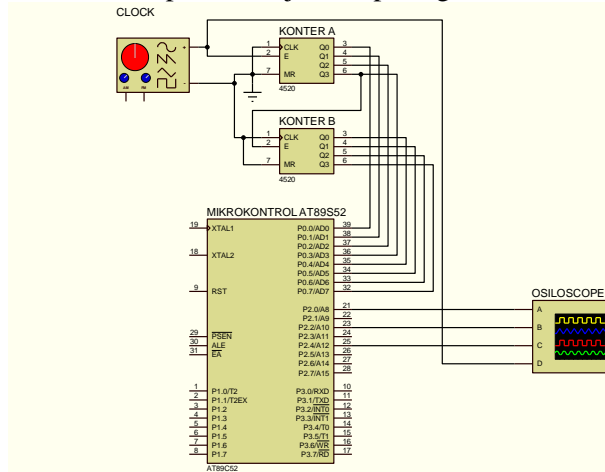


Gambar 4. Skema perancangan alat SVPWM Inverter

Gambar 4 menjelaskan skematik rangkaian yang dirancang untuk keseluruhan sistem SVPWM inverter. Blok rangkaian Volt/Hertz digunakan sebagai *seting point adjuster* untuk mengatur frekuensi kerja inverter sekaligus sebagai pengendali *clock* mikrokontrol AT89S52. Counter 8 bit digunakan untuk menguraikan pulsa clock dari rangkaian Volt/Hertz menjadi 8 pulsa untuk memberikan data masukan pada port 0 mikrokontrol AT89S52. Dari mikrokontrol AT89S52 menghasilkan 3 buah sinyal kontrol yang dimasukkan kedalam rangkaian *dead time* dan *driver* untuk diolah sehingga menghasilkan 6 buah sinyal kontrol untuk memicu gate saklar daya IGBT.

Pemrograman mikrokontrol AT89S52

Sebelum dimasukkan ke dalam mikrokontrol AT89S52 pulsa *look up table* yang dihasilkan oleh simulasi dengan Power Simulator di cek dengan program proteus untuk memastikan kebenaran pulsa kontrol tersebut seperti ditunjukkan pada gambar 5.

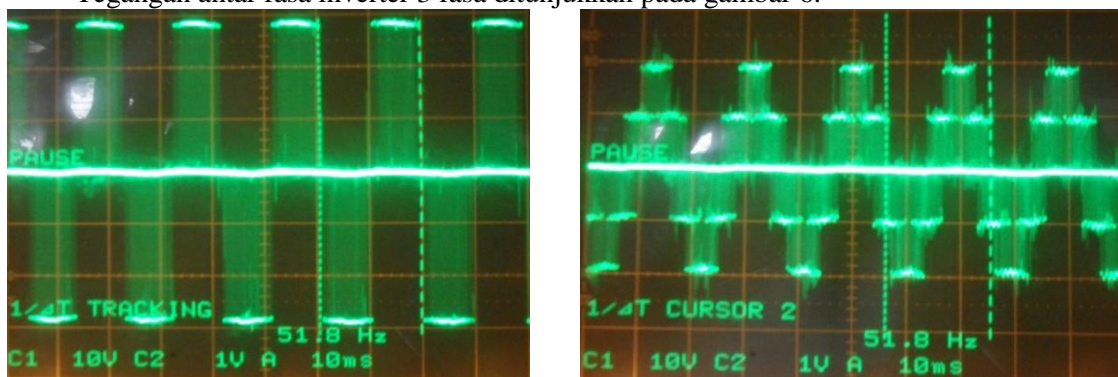


Gambar 5. Skematik rangkaian kontrol SVPWM dengan software Proteus

Gambar 6 menunjukkan skematik rangkaian kontrol SVPWM inverter yang berfungsi membangkitkan pulsa pemacu saklar inverter. Rangkaian *clock* untuk mengatur frekuensi. Rangkaian *counter* untuk menguraikan pulsa *clock* menjadi 8 bit pulsa yang mengendalikan mikrokontrol AT89S52.

Pengujian SVPWM Inverter

Tegangan antar fasa inverter 3 fasa ditunjukkan pada gambar 6.



a. Tegangan antar fasa

b. Tegangan fasa netral

Gambar 6. Tegangan motor induksi

Gambar 6a adalah tegangan antar fasa dari inverter 3 fasa dengan beban motor induksi. Pengujian fasa V_{ab} pada gambar 6a membuktikan persamaan berikut :

$$\begin{bmatrix} V_{ab} \\ V_{bc} \\ V_{ca} \end{bmatrix} = V_{dc} \begin{bmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \dots\dots\dots (1)$$

Sedangkan tegangan fasa dan netral motor induksi 3 fasa ditunjukkan pada gambar 6b yang berbentuk stupa hal ini membuktikan persamaan berikut

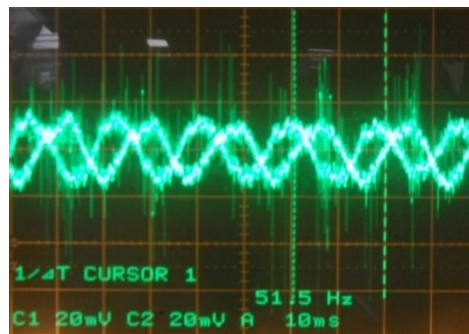
$$\begin{bmatrix} V_{an} \\ V_{bn} \\ V_{cn} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} V_{dc} \begin{bmatrix} 2 & -1 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2)$$

Dari pengujian tegangan fasa-fasa dan fasa netral yang dihasilkan oleh inverter terkendali SVPWM dapat dibuktikan dengan perhitungan tegangan inverter seperti pada tabel 1

Tabel 1. Tegangan keluaran inverter 3 fasa

Sa	Sb	Sc	V a-n	V b-n	V c-n	V a-b	V b-c	V c-a
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	-V _{DC3}	-V _{DC3}	2V _{DC3}	0	-V _{DC}	V _{DC}
0	1	0	-V _{DC3}	2V _{DC3}	-V _{DC3}	-V _{DC}	V _{DC}	0
0	1	1	-2V _{DC3}	V _{DC3}	V _{DC3}	-V _{DC}	0	V _{DC}
1	0	0	2V _{DC3}	-V _{DC3}	-V _{DC3}	V _{DC}	0	-V _{DC}
1	0	1	V _{DC3}	-2V _{DC3}	V _{DC3}	V _{DC}	-V _{DC}	0
1	1	0	V _{DC3}	V _{DC3}	-2V _{DC3}	0	V _{DC}	-V _{DC}
1	1	1	0	0	0	0	0	0

Pengujian arus inverter dengan beban motor induksi 3 fasa ditunjukkan pada gambar 7



Gambar 7. Arus antar fasa yang masuk pada stator motor induksi 3 fasa

Gambar 7 adalah pengukuran arus pada fasa a dan fasa b yang dihasilkan oleh keluaran inverter 3 fasa dengan beban motor induksi 3 fasa. Hasil pengujian tegangan dan arus inverter 3 fasa dengan beban motor induksi adalah :

Tabel 2. Pengujian arus, tegangan motor dan frekuensi dengan inverter SVPWM

Frekuensi (Hertz)	Arus (Ampere)	Tegangan F-F (Volt)	Tegangan F-N (Volt)
2	1.12	181	102
6	0.89	182	101
10	0.76	182	101
12	0.64	182	102
14	0.58	183	102
16	0.53	183	102
19	0.24	182	103
22	0.19	182	102
24	0.172	181	102
27	0.164	182	102
30	0.145	182	101
33	0.138	181	101
35	0.131	181	102
38	0.126	182	102
41	0.118	182	102
44	0.115	183	102
47	0.114	183	102
51	0.111	183	101

Pengujian inverter terkendali Volt/Hertz

Pengujian inveter dengan metode kendali Volt/Hertz dilakukan sebagai pembanding inverter SVPWM. Model inverter Volt/Hertz yang digunakan adalah VSD merk Toshiba model *TOSHIBA TOSFERT VFS-9*. Gambar *variable speed drive TOSHIBA TOSFERT VFS-9* ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. TOSHIBA TOSFERT VFS-9

Gambar 8 VSD yang digunakan sebagai pembanding pada pengambilan data ini. Tipe *TOSHIBA TOSFERT VFS-9* ini dilengkapi dengan panel potensiometer dengan ukuran yang cukup besar sehingga memudahkan semua orang untuk bisa mengoperasikan pengaturan frekuensi keluarannya. Terdapat 4 panel kontrol otomatis untuk memudahkan pengoperasian percepatan dan perlambatan frekuensi hingga 60 Hz. Dengan alat ini dihasilkan data-data pengukuran seperti pada tabel 3

Tabel 3. Pengujian arus tegangan motor dan frekuensi dengan VSD

Frekuensi (Hz)	V_{F-F} (Volt)	V_{F-N} (Volt)	I/Fasa (Ampere)
0	0	0	0
5	17	9	0.14
10	42	24	0.16
15	69	38.66	0.18
20	91	52	0.21
25	105	60.7	0.25
30	121.5	69.4	0.25
35	137	78.8	0.26
40	155	87.2	0.27
45	165	93.6	0.28
50	167	95.9	0.28

Dari pengujian Inverter dengan *variable speed drive* merk *TOSHIBA TOSFERT VFS-9* tersebut dapat dibandingkan tegangan yang dihasilkan dengan inverter terkendali vektor yang dirancang pada catu daya input yang sama yaitu 220 volt AC dengan perbandingan sebagai berikut :

V_{dc} penyearah gelombang penuh :

$$V_{DC} = \frac{V_{AC}}{1/2\sqrt{2}} = \frac{220}{0,707} = 311 \text{ Volt}$$

V_{F-F} inverter SVPWM : 183 Volt, sehingga efisiensi sebesar :

$$\frac{183}{311} 100\% = 58,8 \%$$

V_{F-F} inverter Volt/Hertz : 167 volt, sehingga efisiensi sebesar

$$\frac{167}{311} 100\% = 53,7 \%$$

Sehingga pada kecepatan nominal perancangan inverter SVPWM ini memiliki efisiensi tegangan lebih baik sebesar 5,1 % dari pada *Variable speed Drive* Volt/Hertz pada pengujian laboratorium ini.

Pengujian DOL sebagai pengendali motor induksi

Pengujian DOL (Direct On Line) dilakukan dengan menggunakan sebuah relay kontaktor untuk menghubungkan sumber jala-jala PLN dengan Stator motor induksi. Melalui pengujian ini dihasilkan data pengukuran seperti pada tabel 4.

Tabel 4. Pengujian rangkaian DOL

Fasa A		Fasa B		Fasa C	
Is	In	Is	In	Is	In
2,74	1,11	2,80	1,19	2,76	1,16

KESIMPULAN

1. Berdasar hasil pengujian di laboratorium dengan menggunakan metode Volt/Hertz dan SVPWM inverter , terbukti bahwa tegangan AC yang dihasilkan oleh metode SVPWM lebih tinggi daripada tegangan AC yang dihasilkan oleh metode V/Hz.
2. Jika dibandingkan dengan sistem DOL arus mula yang dihasilkan oleh inverter SVPWM jauh lebih kecil, demikian juga ketika motor telah melaju pada kecepatan nominal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bose, Bimal K, *Modern Power Electronics and AC Drives*, The University of Tennessee, Knoxville, Prentice Hall, Inc. United State of America, 2002.
- [2] Kelvin Lye kwong Loong., Nik ramzi bin Idris, *Microcontroller Based Space Vector Modulation (SVM) Signal Generator*, Faculty of Electrical Engineering UTM, May 2008.
- [3] Mohan, Ned, *Power Electronics: Converters, Applications, and Design*, John Willey & Sons, Inc, 1995.
- [4] Nguyen Phung Quang., Jörg-Andreas Dittrich, "*Vector Control of Three Phase AC Machine*", e-ISBN: 978-3-540-79029-7, September 1965.
- [5] Riyadi, Slamet, "*Penggerak Kecepatan Variable Pada Motor Induksi Tiga Fasa Bberbasis V/Hz dan Direct Torque Control*", Unika Soegijapranata, 2010.
- [6] SZABÓ C, Maria IMECS., Ioan Iov, Incze, "*Volt-Hertz Control of the Synchronous Motor With Ramp Exciting Voltage*", Annals of the University of Craiova, Electrical Engineering series, No. 30, 2006.
- [7] Trzynadlowsky Andrzej M, "*Control of Induction Motors*", department of electrical engineering university of Nevada, 2001.
- [8] Zhenyu Yu and David Figoli, "*AC Induction Motor Control Using Constant V/Hz Principle and Space Vector PWM Technique with TMS320C240*", Texas Instruments Incorporated, April, 1998.
- [9] "*Field Orientated Control of 3-Phase AC-Motors*", Literature Number: BPRA073, Texas Instruments Europe, February 1998.