

Penerapan Teknik *Hard Dan Soft Switching* Pada Motor *Switched Reluctance* 3 Fasa Menggunakan PSIM

Jumardi¹, Salechan²

Teknik Elektronika Politeknik Pratama Mulia
jumardi123@gmail.com

ABSTRACT

Classic converter is a series of power converters required to activate and deactivate the motor SRM (switched reluctance motor) which consists of two switches (IGBT) and two diode flywheel for each phase. Before making the appliance power converters are real, necessary modeling to know and understand the behavior and the interaction between these converters with a motor. In this study, classic converter modeled with PSIM software to recognize performance by applying the hard and soft switching techniques. Mechanical hard switching is a condition where the second IGBT current on and off is made in the same time, while the soft switching technique is a condition in which the second working IGBT current on and off is made in different time. In order to implement these two techniques required angle and angle on the pulse. On the corner is a corner to produce forward rotation, the magnitude of 900. The pulse angle is the angle to produce the desired rotation and torque (set pulse width), the magnitude of 00 - 1200. angle and angle on a series of pulses inserted into the controller to turn on and off a series of classic converter which supplies the source voltage to the stator coil. Mechanical hard switching produce rotation, minimum torque, which is greater than the voltage soft switching techniques. Soft switching technique produces motor current and losses in semiconductor that is larger than the hard switching techniques. Mechanical hard switching. generates maximum torque similar to a soft switching technique (1.213 Nm and 1.216 Nm).

Keyword: *Komponen utama SRM 3 fasa, teknik hard dan soft switching, classic converter, thermal module.*

I. PENDAHULUAN

SRM (switched reluctance motor) digunakan sebagai penggerak lokomotif pertama kali pada tahun 1838 di Scotland. Ada dua sifat yang terdapat pada SRM, yaitu switched dan reluctance. Switched, maksudnya adalah mesin harus dioperasikan dalam suatu mode penyaklaran yang kontinyu, dan reluctance, maksudnya adanya perubahan nilai reluktansi sesuai dengan rangkaian kemagnetan yang dibentuk oleh kutub stator dan rotor yang keduanya merupakan kutub yang menonjol (salient pole) [1]. Sebuah sistem berbasis SRM terdiri dari

empat komponen, yaitu: pengubah daya, pengendali elektronik, sensor posisi rotor, serta pengubah elektrik mekanik [2].

Menurut [3], hampir semua penelitian yang dilakukan pada SRM berusaha untuk mendapatkan solusi mengenai: torsi ripel, acustic, sensorless control, dan optimized control dengan biaya yang rendah. Torsi pada SRM terjadi jika eksitasi pada kumparan fasa stator sinkron dengan posisi rotor. Keberadaan posisi rotor pada SRM biasanya dideteksi dengan : encoder, resolver, atau hall shaft position sensor [4].

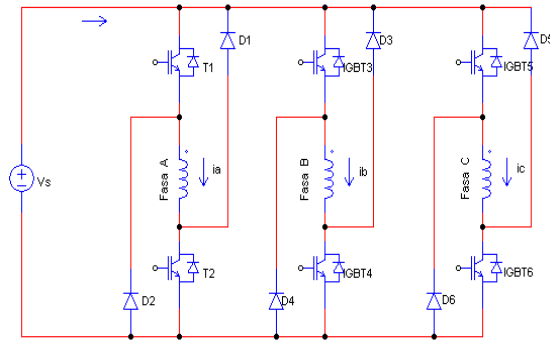
Kelemahan yang muncul pada komponen pendeteksi tersebut adalah bertambahnya biaya total, memerlukan tempat tertentu untuk menempatkan sensornya, serta kurang handalnya sistem [5]. Sampai sekarang sedang dikembangkan penelitian untuk menggantikan sensor posisi rotor pada SRM menjadi tanpa sensor, yang disebut *sensorless control method*. Penelitian tentang jenis pengubah daya SRM telah disimulasikan dengan *simulink* dan *Pspice*, namun keduanya belum dapat menyimulasikan rugi-rugi semikonduktor. *PSIM* adalah jenis software lain yang mempunyai kemampuan simulasi interaktif dan fasilitas *thermal module* yang dapat menyimulasikan rugi-rugi semikonduktor pengubah daya *classic converter* pada SRM 3 fasa.

Analisis kinerja pengubah daya *classic converter* pada SRM 3 fasa menggunakan *PSIM* dengan sensor putaran tanpa menggunakan sensor posisi rotor akan menjadi topik dalam penelitian ini dengan cara : menetapkan sudut on dan merubah sudut pulsa. Cakupan analisis meliputi : putaran, torsi, tegangan, arus, rugi-rugi semikonduktor pada IGBT dan diode..

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Rangkaian CLASSIC CONVERTER

Rangkaian *classic converter* untuk SRM 3 fasa terdiri dari dua saklar T_1 dan T_2 dan dua diode *flywheel* D_1 dan D_2 untuk setiap fasa [6], seperti pada Gambar. 1. Selama periode pemberian suplai tegangan ke kumparan fasa, maka dua saklar utama dalam kondisi menutup (*on*). Selama periode *chopping*, satu saklar menutup (*on*) dan satu saklar lainnya membuka (*off*); arus fasa akan mengalir melalui saklar yang menutup tersebut dan dioda *flywheel*. Selama periode komutasi, kedua saklar utama membuka (*off*), maka energi magnetic yang tersimpan dalam motor akan dibebaskan dengan dua dioda *flywheel* [7].

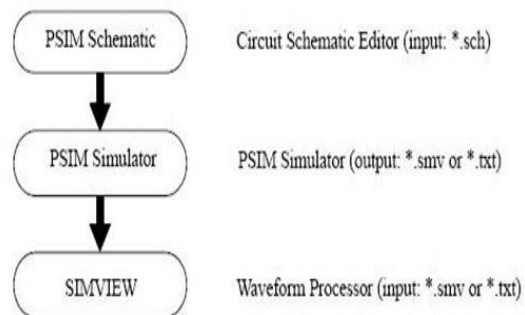


Gambar. 1. Rangkaian *Classic Converter* tiga fasa

Classic Converter mampu memberikan pengontrolan maksimum, karena masing masing kumparan dapat dikontrol secara bebas, tidak tergantung oleh saklar dan dioda pada kumparan lainnya [8].

B. Program Simulasi PSIM

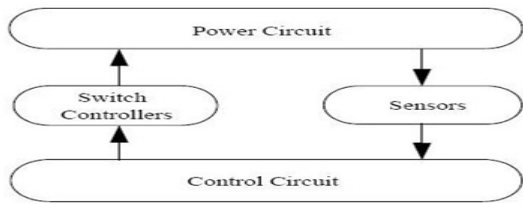
PSIM adalah *software* simulasi yang diciptakan oleh *Powersim Inc*. *Software* ini dirancang khususnya untuk elektronika daya, penggerak motor, dan sistem konversi daya [9].



Sumber : *Psim User Guide*, 2011, hal. 2

Gambar. 2. Proses Simulasi *PSIM*

Berdasarkan Gambar. 2, proses simulasi dari *PSIM* terdiri dari : rangkaian skematik *PSIM* (*PSIM schematic*), simulator *PSIM* (*PSIM simulator*), serta program pemroses bentuk gelombang (*SIMVIEW*).



Sumber : Psim User Guide, 2011, hal.3

Gambar. 3. Struktur rangkaian PSIM

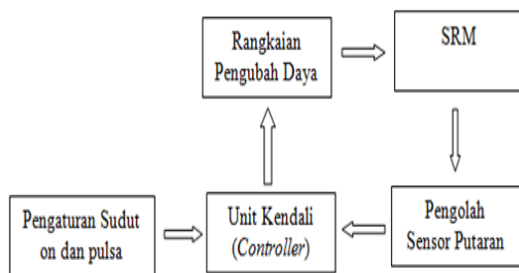
Struktur rangkaian pada PSIM direpresentasikan dalam empat bagian atau blok, yaitu : rangkaian daya (*power circuit*), rangkaian kendali (*control circuit*), sensor (*sensors*), serta pengendali saklar (*switch controller*), seperti Gambar. 3.

III. METODOLOGI

A. Pemodelan Classic Converter Dengan PSIM

Menurut [10], pengendalian SRM dapat dilakukan dengan menggunakan sinyal umpan balik dari sensor posisi rotor, atau tanpa menggunakannya, tetapi dengan cara memperkirakan posisi rotor tersebut berdasarkan karakteristik magnetnya.

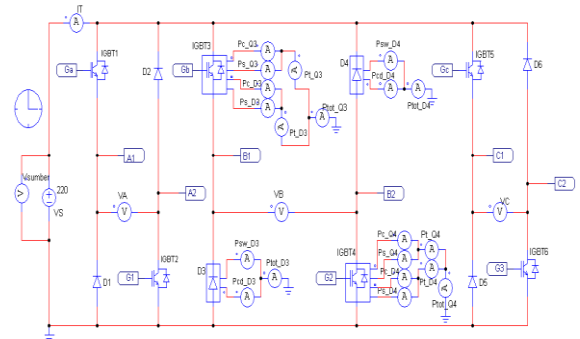
Pemodelan dengan PSIM dalam penelitian ini seperti pada Gambar. 4, yaitu tanpa sensor posisi rotor, tetapi menggunakan sensor putaran sebagai informasi umpan balik yang selanjutnya akan diolah oleh bagian *controller* setelah mendapat masukan dari sudut on dan sudut pulsa. Sudut on adalah sudut untuk menghasilkan putaran maju, besarnya 90° . Sudut pulsa adalah sudut yang digunakan untuk menghasilkan putaran dan torsi yang diinginkan, besarnya $0^{\circ} - 120^{\circ}$.



Gambar. 4. Blok diagram pemodelan dengan PSIM

B. Rangkaian Pengubah daya Classic Converter

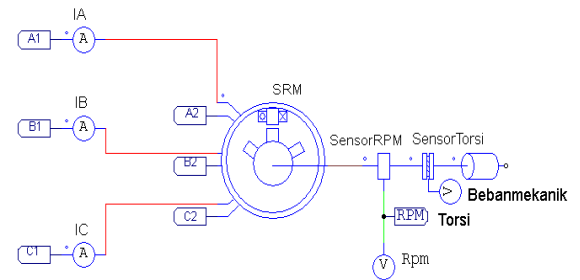
Pengubah daya Classic Converter terdiri dari enam buah IGBT dan dioda flywheel. Fungsi dari pengubah daya ini adalah untuk mengaktifkan dan menonaktifkan kumparan fasa motor, seperti pada Gambar. 5.



Gambar. 5. Rangkaian Pengubah daya Classic converter

Switched Reluctance Motor (SRM) yang digunakan dalam penelitian ini mengacu kepada modul motor drive pada PSIM, yaitu motor 3 fasa, konfigurasi 6/4 seperti pada Gambar. 6.

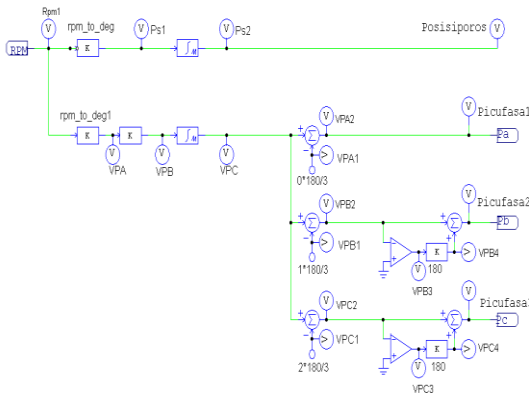
Sensor rpm dan sensor torsi dipasang pada poros SRM untuk mengetahui besarnya putaran dan torsi yang dihasilkan. Beban mekanik dari SRM dibuat beban tipe umum (*general type load*), karena dalam data jurnal juga tidak menyebutkan tipe bebannya.



Gambar. 6. Rangkaian SRM 3 fasa

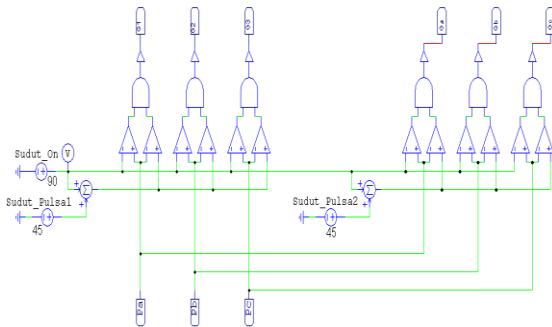
Pengolah sensor putaran, rangkaian ini berfungsi untuk menghasilkan sinyal posisi poros dan sinyal picu fasa. Sinyal posisi poros untuk mendeteksi putaran SRM, maju atau mundur.

Sinyal picu fasa untuk menghasilkan picu fasa A (P_a), fasa B (P_b), dan fasa C (P_c) pada rangkaian AHBC. Gambar rangkaian pengolah sensor putaran seperti pada Gambar. 7.



Gambar. 7. Rangkaian pengolah sensor putaran

Rangkaian controller dan pengaturan sudut (on dan pulsa), digunakan untuk mengendalikan kerja SRM 3 fasa, seperti pada Gambar. 8.



Gambar. 8. Rangkaian controller dan pengaturan sudut.

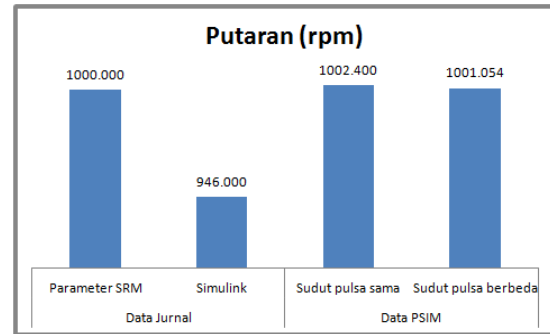
Terminal input pada unit kendali selain berasal dari unit pengolah putaran P_a , P_b dan P_c juga berasal dari sudut on dan sudut pulsa. Sudut on dibuat tetap 90^0 untuk menghasilkan putaran maju (*forward*). Sudut pulsa divariasikan (diubah-ubah) untuk menghasilkan putaran dan torsi yang diinginkan, yang besarnya $0^0 - 120^0$.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

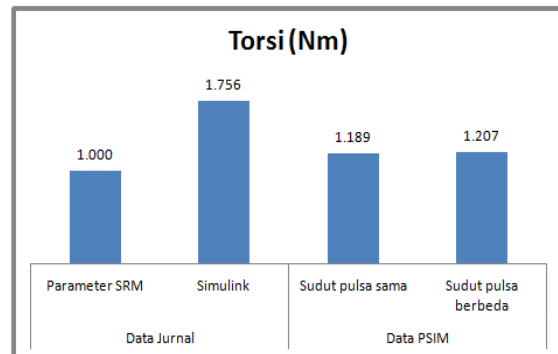
Hasil simulasi putaran yang mendekati dengan parameter jurnal, yaitu putaran (1000 rpm) dan torsi (1 Nm) seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan data jurnal dengan PSIM

No	Besaran	Data jurnal		Data PSIM	
		Parameter SRM	Simulink	Sudut pulsa sama	Sudut pulsa berbeda
1	Putaran (rpm)	1000	946	1002,400	1001,054
2	Torsi (Nm)	1	1,756	1,189	1,207
3	Arus motor (A)	3	-	1,266	1,410
4	Arus fasa rata-rata (A)	-	0,953	0,856	1,062
5	Arus fasa maksimum (A)	-	2,379	2,051	2,004
6	Rugi-rugi IGBT (W)	-	-	2 x 0,959	0,967 & 1,229
7	Rugi-rugi Dioda (W)	-	-	2 x 0,249	0,413 & 0,208



Gambar. 9. Perbandingan putaran antara data jurnal dan PSIM



Gambar. 10. Perbandingan torsi antara data jurnal dan PSIM

Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat bahwa urutan hasil simulasi untuk putaran yang mendekati dengan data parameter jurnal (1000

rpm) adalah : PSIM kondisi sudut pulsa berbeda, PSIM kondisi sudut pulsa sama, dan terakhir simulink. Hasil simulasi torsi yang mendekati dengan data parameter jurnal (1 Nm) adalah: PSIM kondisi sudut pulsa sama, PSIM kondisi sudut pulsa berbeda, dan terakhir simulink. Secara grafik perbandingan putaran dan torsi dapat dilihat pada Gambar. 9 dan Gambar. 10.

Berdasarkan data pada tabel 2 dan tabel 3 jika dibandingkan, maka dapat difahami bahwa *teknik hard switching* menghasilkan putaran, torsi minimal, tegangan, yang lebih besar dibandingkan dengan *teknik soft switching*. Teknik *soft switching* menghasilkan arus motor dan rugi-rugi semikonduktor yang lebih besar dibandingkan dengan *teknik hard switching*. Teknik *hard switching* menghasilkan torsi maksimal yang hampir sama dengan *teknik soft switching*.

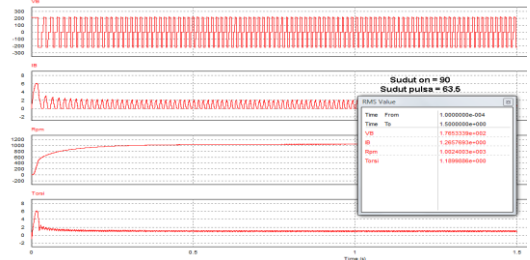
Tabel 2. Perbandingan hasil simulasi PSIM dengan teknik hard switching

No	Besaran	Sudut pulsa sama		
		Terendah	Data jurnal	Tertinggi
1	Putaran (rpm)	546,152	1002,400	1042,351
2	Torsi (Nm)	1,205	1,189	1,213
3	Tegangan motor (V)	125,525	176,533	187,450
4	Arus motor (A)	1,097	1,266	1,363
5	Rugi-rugi IGBT (W)	2 x 0,666	2 x 0,959	2 x 1,064
6	Rugi-rugi Dioda (W)	2 x 0,196	2 x 0,249	2 x 0,287
	Nilai sudut (°)	90° (33°)	90° (63,5°)	90° (72°)

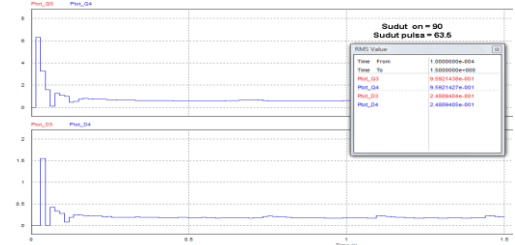
Tabel 3. Perbandingan hasil simulasi PSIM, teknik soft switching

No	Besaran	Sudut pulsa berbeda		
		Terendah	Data jurnal	Tertinggi
1	Putaran (rpm)	688,875	1001,054	1003,972
2	Torsi (Nm)	1,139	1,207	1,216
3	Tegangan motor (V)	116,369	174,934	179,077
4	Arus motor (A)	1,130	1,410	1,442
5	Rugi-rugi IGBT (W)	0,408 & 0,992	0,967 & 1,229	1,008 & 1,247
6	Rugi-rugi Dioda (W)	0,447 & 0,041	0,413 & 0,208	0,414 & 0,232
	Nilai sudut (°)	90° (85°/33°)	90° (85°/64°)	90° (85°/67°)

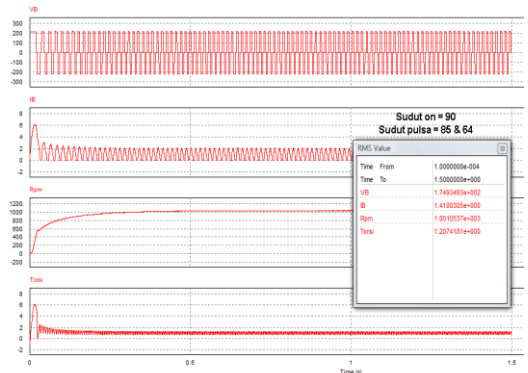
Hasil simulasi PSIM pada kondisi sudut pulsa sama dan kondisi sudut pulsa berbeda yang mendekati data jurnal, yaitu pada sudut pulsa (63,5°) dan pada sudut pulsa (85° dan 64°), seperti pada Gambar. 11, Gambar. 12, Gambar. 13, dan Gambar. 14.



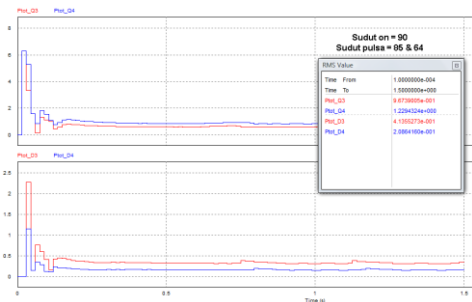
Gambar. 11. Nilai tegangan, arus, putaran dan torsi, sudut pulsa 63,50



Gambar. 12. Rugi-rugi semikonduktor pada IGBT dan dioda, sudut pulsa 63,50



Gambar. 13. Nilai tegangan, arus, putaran dan torsi, sudut pulsa 850 dan 640



Gambar. 14. Rugi-rugi semikonduktor, sudut pulsa 850 & 640

V. KESIMPULAN

Putaran 1000 rpm, torsi 1 Nm, dan rugi-rugi semikonduktor pada rangkaian classic converter SRM 3 fasa dapat disimulasikan menggunakan PSIM versi 9.0 dengan baik. Penggunaan *teknik hard switching* dalam PSIM menghasilkan putaran, torsi minimal, tegangan, yang lebih besar dibandingkan dengan *teknik soft switching*. *Teknik soft switching* menghasilkan arus motor dan rugi-rugi semikonduktor yang lebih besar dibandingkan dengan *teknik hard switching*. *Teknik hard switching* menghasilkan torsi maksimal yang hampir sama dengan *teknik soft switching* (1,213 Nm dan 1,216 Nm).

REFERENSI

- R. Hasan, *Comprehensive Model of SRM in Matlab Environment*, International Journal of Engineering & Computer Science IJECS-IJENS, vol. 12, pp. 89-96, 2012.
- S. Ganguli, *P-Spice Simulated Bifilar Winding Converter for Switched Reluctance Motor Drives*, International Journal of Advanced Engineering Technology, vol. II, no. IV, pp. 364-368, 2011.
- B. Singh, *Converters Performance Evaluation of Switched Reluctance Motor in Simulink*, International Journal of industrial Electronics and Control, vol. 3, pp. 89-101, 2011.
- Gupta, *Sensorless Control of Switched Reluctance Motor Drive with Fuzzy Logic Based Rotor Position Estimation*, International Journal of Computer Applications, vol. 1, pp. 72-79, 2010.
- Sedghizadeh, *Sensorless Speed Control of Switched Reluctance Motor Drive Using the Binary Observer with Online Flux-Linkage Estimation*, Iranian Journal of Electrical & Electronic Engineering, vol. 5, pp. 145-150, 2009.
- S. Ganguli, *Comparative Study of Different Switching Circuit Topologies for Linear Switched Reluctance Motor*, Journal of Engineering Research and Studies, vol. 2, no. IV, pp. 80-83, 2011.
- S. Ganguli, *Comparison of The Various Converter Topologies for a Three Phase Switched Reluctance Motor Drive*, Journal of Engineering Research and Studies, vol. 2, no. IV, pp. 69-71, 2011.
- T. Celik, *Segmental Rotor Switched Reluctance Drives*, University of Newcastle Upon Tyne, Tyne, 2011.
- P. Inc., *PSIM User's Manual*, Version 9.1, Powersim Inc., 2011.
- E. Elwakil, *A New Converter Topology for High Speed High Starting Torque Three Phase Switched Reluctance Motor Drive System*, Dep. of Electronic and Computer Engineering School of Engineering and Design Brunel University, United of Kingdom, 2009.