

## RANCANG BANGUN MOTOR STEPPER VARIABLE RELUCTANCE

Budhi Anto, Ambrosius Wahono

Fakultas Teknik

Universitas Riau Pekanbaru. Indonesia. Email: budhianto.ur@gmail.com

### ABSTRACT

This paper describes an attempt to design and make variable reluctance stepper motor which is fed from 12 volt dc supply. Stator part of the stepper motor has 6 salient poles and its rotor has 4 teeth. Stator windings are wound around salient poles, while rotor part has no winding. Modeling and simulation of rotor motion of the stepper motor has been conducted during design phase. Simulation results show the rotor part rotates in 30 degrees steps. The design is implemented by using distribution transformer laminated iron sheets which are scissored in such a way to produce stator and rotor laminated sheets. The sheets are joined together to form stator core and rotor core. Stator part, rotor part and other machine components are assembled to form complete variable reluctance stepper motor. A laboratory test set up for the stepper motor shows that its step angle is 30 degrees as same as predicted.

*Key word: variable reluctance stepper motor, step angle*

### ABSTRAK

Paparan ini menampilkan suatu upaya untuk merancang dan membuat motor stepper jenis variable reluctance yang digerakkan oleh sumber tegangan searah 12 Volt. Motor stepper yang dibuat mempunyai 6 kutub menonjol pada bagian stator dan 4 gigi rotor. Belitan-belitan stator dililitkan pada keenam kutub stator, sedangkan pada bagian rotor sama sekali tidak terdapat belitan. Pemodelan dan simulasi gerakan bagian rotor motor stepper telah dilakukan dan telah memperlihatkan bahwa bagian rotor bergerak dengan panjang langkah 30 derajat. Rancangan motor direalisasikan dengan memanfaatkan material inti transformator distribusi yang digunting sedemikian sehingga terbentuk pelat-pelat inti stator dan inti rotor. Pelat-pelat tipis tersebut disatukan untuk membentuk inti stator dan inti rotor. Bagian rotor, bagian stator dan komponen-komponen pendukung lainnya dirakit sehingga terbentuk motor stepper variable reluctance yang lengkap. Uji laboratorium terhadap motor stepper yang dibuat telah memperlihatkan bahwa panjang langkah gerakan rotor adalah 30 derajat, sama seperti yang diharapkan.

*Kata kunci: motor stepper variable reluctance, panjang langkah*

### PENDAHULUAN

Penelitian ini merupakan upaya berkelanjutan untuk merancang dan membuat mesin listrik dengan memanfaatkan kemampuan dan sumber daya lokal. Ide ini cukup menantang karena sampai saat ini belum ada peneliti-peneliti Indonesia yang melakukannya. Karena merupakan langkah awal, target yang ingin dicapai adalah bahwa bagian rotor dari motor listrik yang dibuat diharapkan dapat bergerak/berputar seperti yang diharapkan, sedangkan ukuran-ukuran kinerja motor lainnya efisiensi dan perbandingan antara berat mesin dan dayanya belum diperhatikan.

Motor listrik merupakan peralatan yang mengubah kerja listrik menjadi kerja mekanik pada bagian rotornya. Motor stepper adalah motor listrik yang mengubah pulsa-pulsa digital yang diberikan padanya menjadi gerak rotasi pada bagian rotornya. Sebuah pulsa digital yang diberikan pada belitan stator akan menyebabkan rotor bergerak sepanjang sudut tertentu. Sudut tersebut dinamakan step length (Krause, 1989) atau step angle (Nasar, 1987). Sebuah pulsa digital pada belitan stator menyebabkan rotor bergerak satu langkah yang panjangnya dinyatakan oleh nilai step angle. Untuk memenuhi satu putaran penuh (360 derajat), beberapa pulsa digital harus diberikan pada motor stepper. Dengan demikian motor stepper bergerak langkah demi langkah dengan panjang langkah yang sama.

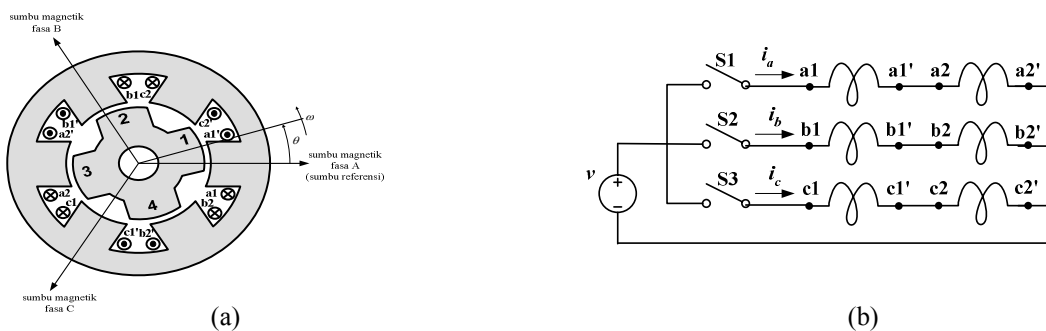
Motor stepper banyak digunakan sebagai aktuator pada berbagai sistem pengaturan seperti pada printer, disc drive, rotary actuators dan mesin perkakas berbasis kontrol numerik. Berdasarkan prinsip kerjanya, motor stepper dikelompokkan atas 2 jenis yaitu motor stepper jenis variable reluctance dan motor stepper jenis permanent-magnet (Krause, 1989). Perbedaan mendasar kedua jenis motor stepper tersebut terletak pada adanya magnet permanen yang terpasang aksial pada poros rotor motor stepper jenis permanent-magnet.

Dari segi konstruksi motor stepper variable reluctance tidak berbeda dengan motor switched reluctance (SRM = *switched reluctance motor*). Meskipun telah dikembangkan sejak tahun 1920-an namun SRM semakin banyak dilirik terutama berhubungan dengan aplikasinya pada sistem penggerak kendaraan listrik (Vijayaghavan, 2001). Banyak hasil penelitian tentang SRM untuk aplikasi penggerak kendaraan listrik yang telah dipublikasikan. Faid et.al (2010) telah mengembangkan motor SRM dengan 8 kutub stator dan 6 gigi rotor sebagai penggerak bagi kendaraan bermotor hibrid. SRM yang dibuatnya menghasilkan torka maksimum sebesar 200 Nm dan daya maksimum 30 kW. Uematsu dan Wallace (2002) telah membuat SRM dengan daya 100 kW untuk penggerak kendaraan truk listrik. Katchapornkul et.al (2007) juga telah membuat SRM dengan daya 15 kW untuk sistem penggerak kendaraan listrik dan juga Takau dan Round (2003) telah membuat SRM dengan 6 kutub stator dan 4 gigi rotor untuk penggerak kendaraan listrik.

Motor stepper variable reluctance berbeda dengan SRM dalam hal pengendalian arus statornya (Holling, 2002). Pada penelitian ini telah dirancang dan dibuat motor stepper variable reluctance dengan 6 kutub stator dan 4 gigi rotor untuk digunakan sebagai penggerak perpindahan posisi kontak-kontak dari peralatan saklar pemindah otomatis. Diharapkan kedepan penelitian ini dapat dilanjutkan dengan pembuatan SRM untuk penggerak kendaraan listrik.

**METODE PENELITIAN**

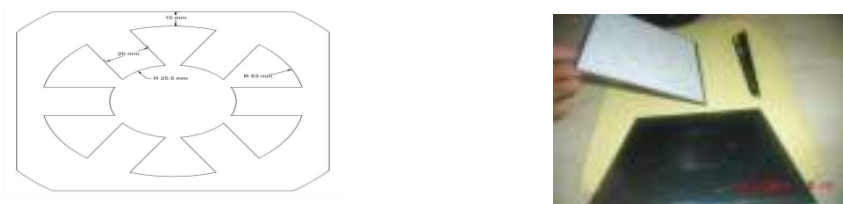
Pada penelitian ini telah dirancang dan dibuat motor stepper variable reluctance untuk digunakan sebagai penggerak perpindahan posisi kontak-kontak dari peralatan saklar pemindah otomatis. Model motor stepper yang dibuat diperlihatkan pada Gambar 1a. Bagian stator motor stepper mempunyai sepasang kutub menonjol tiap fasanya, sehingga pada stator terdapat 6 kutub menonjol. Belitan-belitan stator dililitkan pada kutub-kutub menonjol. Pada bagian rotor terdapat 4 gigi, tidak terdapat belitan pada bagian rotor. Sebagai pengenal setiap gigi rotor diberi nomor 1, 2, 3 dan gigi 4. Inti stator dan rotor terbuat dari bahan magnetik. Diagram pengawatan belitan-belitan stator motor stepper diperlihatkan pada Gambar 1b. Gerakan rotor motor stepper tersebut telah disimulasikan menggunakan MATLAB/Simulink dan bagian rotor telah bergerak dengan panjang langkah 30 derajat (Budhi Anto, 2011). Selanjutnya rancangan motor stepper tersebut direalisasikan dengan memanfaatkan material inti transformator distribusi bekas. Pelat-pelat laminasi dari inti transformator distribusi tersebut digunting sedemikian sehingga terbentuk pelat-pelat tipis inti stator dan inti rotor. Komponen-komponen mesin listrik tersebut dirakit sehingga terbentuk motor stepper variable reluctance lengkap.



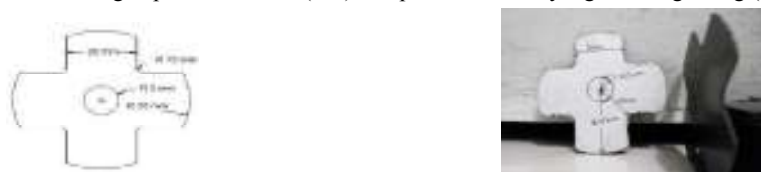
Gambar 1.(a). Model motor stepper dengan 6 kutub stator dan 4 gigi rotor  
(b). Diagram pengawatan belitan stator motor stepper variable reluctance

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Motor stepper yang dibuat menghasilkan torka maksimum sebesar 0,25 Nm pada tegangan kerja 12 volt dc. Rancangan inti stator dan inti rotor diperlihatkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Inti stator tanpa belitan-belitannya dan inti rotor yang sudah terpasang pada poros mesin diperlihatkan pada Gambar 4. Gambar 5 memperlihatkan motor stepper variable reluctance yang sudah terakit dan dipasangkan sebagai penggerak kontak-kontak saklar pemindah. Selanjutnya motor stepper yang sudah dirakit diuji fungsionalnya yaitu dengan memberikan arus ke belitan-belitan statornya melalui tombol-tombol tekan PB1, PB2 dan PB3 dan mengukur sudut rotor dengan menjadikan sumbu magnetik belitan fasa A sebagai sumbu referensi. Rangkaian pengujian diperlihatkan pada Gambar 6 dan hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1.



Gambar 2. Rancangan pelat inti stator (kiri) dan pelat inti stator yang akan digunting (kanan)



Gambar 3. Rancangan pelat inti rotor (kiri) dan pelat inti rotor yang telah digunting (kanan)



(1)

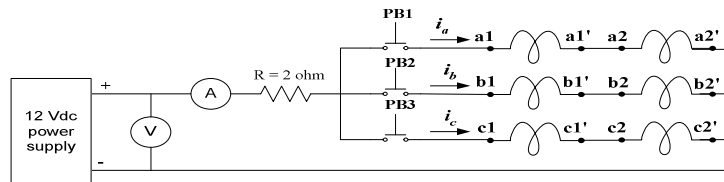


(2)



(3)

Gambar 4. (1) Inti stator tanpa belitan-belitannya, (2) inti rotor yang terpasang pada poros, (3) Motor stepper yang sudah dirakit



Gambar 6. Rangkaian pengujian

Tabel 1. Posisi sudut rotor terhadap status saklar-saklar kendali PB1, PB2 dan PB3

Posisi saklar kendali (1 = tutup, 0 = buka)			sudut rotor (derajat)
PB1	PB2	PB3	
1	0	0	0
0	1	0	30
0	0	1	60
1	0	0	90
0	1	0	120
0	0	1	150
1	0	0	180
0	1	0	210
0	0	1	240
1	0	0	270
0	1	0	300
0	0	1	330
1	0	0	360

Dari tabel 1 diatas terlihat bahwa untuk setiap susunan status saklar PB1, PB2 dan PB3, bagian rotor motor stepper telah bergerak dengan pertambahan sudut 30 derajat atau rotor bergerak setiap 30 derajat. Dengan demikian panjang langkah rotor adalah 30 derajat.

### KESIMPULAN

Motor stepper variable reluctance dengan 6 kutub stator dan 4 gigi rotor telah dirancang dan dibuat dengan memanfaatkan material inti transformator distribusi bekas. Pengujian dengan menggunakan rangkaian percobaan tertentu telah memperlihatkan bahwa bagian rotor dari motor stepper tersebut telah bergerak langkah demi langkah dengan panjang langkah yang sama sebesar 30 derajat. Panjang langkah tersebut adalah seperti yang diharapkan sesuai dengan hasil simulasi yang dilakukan pada fase perancangan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Budhi Anto. 2011. *Dinamika Rotor Motor Stepper Jenis Variable Reluctance*. Prosiding Seminar Nasional Rekayasa dan Teknologi. Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatra Utara. Medan.
- Faid S, Debal P, Bervoets, S. 2010. *Development of a Switched Reluctance Motor for Automotive Traction Applications*. The 25<sup>th</sup> World Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium and Exhibiton. Shenzen, China.
- Holling G. 2002. *Theory of Switched Reluctance Motor Operation*. Rocky Mountain Technologies, Inc. USA.
- Kachapornkul S, et. al. 2007. *A Design of 15 kW Switched Reluctance Motor for Electric Vehicle Applications*. Proceedings of International Conference on Electrical Machines and Systems. Seoul. pp. 1690-1693.
- Krause dan Wasynczuk. 1989. *Electromechanical Motion Devices*. McGraw-Hill, pp.1-41;331-349.
- Nasar S.A. 1987. *Handbook of Electric Machines*. McGraw-Hill, pp.11.1-11.29.
- Takau S and Round S. 2003. *Design of a Switched Reluctance Motor for An Electric Vehicle*. Department of Electrical and Computer Engineering University of Canterbury, New Zealand.
- Uematsu T and Wallace RS. 2002. *Design of a 100kW Switched Reluctance Motor for Electric Vehicle*. IEEE Transaction on Industrial Electronics. Vol.49 No.1. pp.160-170.
- Vijayraghavan P. 2001. *Design of Switched Reluctance Motors and Development of a Universal Controller for Switched Reluctance and Permanent Magnet Brushless DC Motor Drives*. PhD Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University.