

(Bidang unggulan Teknologi Transportasi)

**LAPORAN AKHIR**  
**SKEMA PENELITIAN**  
**Percepatan Profesor BPPM FTUB**



**JUDUL**

**Pemodelan *Direct Self Control* (DSF) dan Pengaruh Waktu Tunda Serta Lebar Histeresis pada Kontrol Torsi DSC di Motor Traksi Kereta api**

Dilaksanakan oleh:

**Dr. Ir. Dipl.-Ing. Mochammad Rusli**  
**Goegeoes Dwi Nusantoro, ST., MT.**

**NIDN : 0004016310**  
**NIDN : 0013107103**

Dilaksanakan atas biaya PNBPN Tahun Anggaran 2022  
Fakultas Teknik Universitas Brawijaya berdasarkan kontrak  
Nomor : 107/ UN10.F07/PN/2022  
Tanggal : 15 Juni 2022

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**November Tahun 2022**

**HALAMAN PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR**

Judul : Pemodelan Direct Self Control dan Pengaruh Waktu Tunda serta Lebar Histeresis pada Kontrol Torsi Motor Traksi Kereta api

Nama Rumpun Ilmu : ILMU TEKNIK ; TEKNIK ELEKTRO DAN INFORMATIKA ; Teknik Kendali (Atau Instrumentasi dan Kontrol) ;

a. Nama Lengkap : Dr. Ir. MOCHAMMAD RUSLI, Dipl.Ing.  
b. NIDN : 0004016310  
c. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala  
d. Program Studi : -  
e. Nomor HP : 082245583336  
f. Alamat surel (e-mail) : rusli@ub.ac.id

Anggota (1)  
a. Nama Lengkap : GOEGOES DWI NUSANTORO, ST., MT.  
b. NIDN/NIP : 0013107103 / 197110132006041001  
c. Alamat surel (e-mail) : goegoesdn@ub.ac.id  
d. Fakultas : Fakultas Teknik  
Dana disetujui : Rp. 20,000,000.00

Malang, 30 November 2022

Mengetahui,  
Dekan

Ketua,



Prof. Ir. HADI SUYONO, ST.,  
MT., Ph.D., ASEAN Eng  
NIP. 197305202008011013



Dr. Ir. MOCHAMMAD RUSLI, Dipl.Ing.  
NIP. 196301041987011001

## . IDENTITAS PENELITIAN

1. Judul usulan :  
**Pemodelan *Direct Self Control* (DSF) dan Pengaruh Waktu Tunda Serta Lebar Histeresis pada Kontrol Torsi DSC di Motor Traksi Kereta api**

Kategori Penelitian : C

### 3. Ketua Tim Pengusul

- a) Nama Lengkap : Dr. Ir. Dipl.-Ing. Mochammad Rusli
- b) Bidang Keahlian : Teknik Kontrol
- c) Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- d) Fakultas/Jurusan/PS : Fakultas Teknik/Teknik Elektro
- e) Alamat Surat : Jl. MT Haryono 167 Malang
- f) Telpon/faks : (0341) 554166/(0341) 554166
- g) E-mail : rusli@ub.ac.id

### 4. Anggota Tim Penelitian

#### a. Dosen

No	Nama dan Gelar Akademik	Bidang Keahlian	Unit Kerja	Alokasi Waktu (Jam/Minggu)
1	Goegoes Dwi Nusanoro, ST, MT	Teknik Kontrol	Teknik Elektro FT	8 jam/minggu

b. Tenaga Kependidikan/PLP : Indra

#### c. Mahasiswa

Nama : Yandhika (S2)

### 5. Masa pelaksanaan penelitian:

- a. Mulai : April 2022
  - b. Berakhir : Desember 2022
6. Anggaran yang diusulkan : Rp. 20.000.000,00 (Dua Puluh Juta Rupiah)

7. Lokasi Penelitian : Laboratorium Sistem Kontrol Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

### 8. Hasil yang Ditargetkan:

Target penelitian ini adalah hasil algoritma yang berupa program controller DSC untuk moto induksi

## RINGKASAN

Teknologi transportasi perkeretaapian membawa pengaruh yang sangat penting dalam mobilitas barang dan penumpang. Tidak hanya karena kemampuannya untuk mengangkut beban berat dan banyak, tetapi juga tingkat kecepatan dan ketepatan waktunya yang dapat diandalkan. Pengurangan waktu perjalanan dan konsistensi penjadwalan memungkinkan pemanfaatan sistem ini dalam perencanaan kegiatan ekonomi seperti produksi dan distribusi. Perbaikan pada sistem kontrol propulsi kereta api harus mengacu ke kriteria *low-cost*, *high reliability* dan *easy maintenance*. Salah satu komponen penggerak yang memenuhi kriteria itu adalah motor AC induksi tiga fasa. Motor traksi dan sistem Kontrol pada sistem propulsi kereta cepat adalah "core" dari performansi kereta cepat. Sedangkan komponen pendukung utama pada kereta cepat adalah converter/inverter dan rectifier yang terkendali (PWM rectifier). Perbagai Teknik control traksi pada system propulsi kereta api listrik meliputi ,metode control resistive, metode control chopper, dan metode control inverter VVVF.

Pada riset ini dirancang kontroler DSC untuk Sistem kontrol propulsi di kereta api. Kontroler ini seharusnya memiliki karakteristik akselerasi/deakselerasi berlangsung dengan cepat dan dapat beroperasi pada lingkup kecepatan yang sangat TINGGI guna peningkatan kapasitas transportasi kereta api. Sistem propulsi kereta cepat harus memiliki harga yang relative murah, reliabilitas yang tinggi dan perawatan yang relative mudah. Untuk memenuhi performansi kereta api semacam itu, maka sistem kontrol propulsi harus memiliki torsi keluaran yang sangat besar dan kemampuan pengendalian torsi berlangsung dengan sangat cepat.

Umumnya metode control yang dipakai adalah metode V/F atau vector control. Mengacu ke kelemahan dan kelebihan kedua metode, dikembangkan metode pengontrolan DSC (Direct Self Control) berbasis kontroler on-off dan *table look up*. Riset ini bermaksud melakukan investigasi pengaruh lebar hysteresis pada kontroler on-off torsi dan medan magnet serta waktu tunda ekskusi algoritma control. Kombinasi hall itu akan diperoleh susunan yang terbaik untuk mendapatkan control torsi yang cepat dan ripple kecil.

**Kata kunci: Vektor Kontrol, control V/F, kontrol DSC**

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. G. Habetler, F. Profumo, M. Pastorelli, and L. M. Tolbert, Direct torque control of induction machines using space vector modulation, *IEEE Trans. Industry Application*, IA-28(5), 1992, pp. 1045±1053.
  - [2] I. Takahashi and T. Noguchi, A new quick-response and high-efficiency control strategy of an induction motor, *IEEE Trans. Industry Application*, IA-22(5) 1986, pp. 820±827.
  - [3] M. Depenbrock, Direct self-control (DSC) of inverter-fed induction machines, *IEEE Trans. Power Electronics*, PE-3(4) 1988, pp. 420±429.
  - [4] S. N. Ghani, Digital computer simulation of three-phase induction machine dynamicsDa generalized approach, *IEEE Trans. Industry Application*, IA-24(1), 1988, pp. 106±114.
  - [5] E. Y. Y. Ho and P. C. Sen, Digital simulation of PWM induction motor drives for transient and steady-state performance, *IEEE Trans. Industrial Electronics*, IE-33 (1), 1986, pp. 66±77.
  - [6] A. Domijan, Jr, and Y. Yin, Single phase induction machine simulation using the electromagnetic transients program: theory and test cases, *Transaction on Energy Conversion*, EC-9(3), 1994, pp. 535±542.
  - [7] A. M. Trzynadlowski, *The Field Orientation Principle in Control of Induction Motors*, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS (1994).
  - [8] *Using SIMULINK, Dynamic System Simulation for MATLAB*, The MathWorks Inc. (1997).
  - [9] J. Engberg and T. Larsen, *Noise Theory of Linear and Nonlinear Circuits*, John Wiley Sons Ltd., England (1995).
- 
- [1] B. K. Bose, *Modern Power Electronics and AC Drives*. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2002.
  - [2] H. L. Liu, N. S. Choi, and G. H. Cho, "DSP based space vector PWM for three-level inverter with dc-link voltage balancing," in *Proc. IEEE IECON Conf.*, 1991, pp. 197–203.
  - [3] M. Koyama, T. Fujii, R. Uchida, and T. Kawabata, "Space voltage vector based new PWM method for large capacity three-level GTO inverter," in *Proc. IEEE IECON Conf.*, 1992, pp. 271–276.
  - [4] J. Zhang, "High performance control of a three-level IGBT inverter fed ac drive," in *Proc. IEEE IAS Annu. Meet. Conf.*, 1995, pp. 22–28.
  - [5] Y. H. Lee, B. S. Suh, and D. S. Hyun, "A novel PWM scheme for a three-level voltage source inverter with GTO thyristors," *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol. 32, pp. 260–268, Mar./Apr. 1996.
  - [6] S. K. Mondal, J. O. P. Pinto, and B. K. Bose, "A neural-network-basedspace vector PWM controller for a three-level voltage-fed inverter induction motor drive," *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol. 38, pp. 660–669, May/June 2002.
  - [7] J. Holtz, W. Lotzkat, and M. Khambadkone, "On continuous control of PWM inverters in the overmodulation range including the six-step mode," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 8, pp. 546–553, Oct. 1993.
  - [8] J. O. P. Pinto, B. K. Bose, L. E. B. da Silva, and M. P. Kazmierkowski, "A neural network based space vector PWM controller for voltage-fed inverter induction motor drive," *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol. 36, pp. 1628–36, Nov./Dec. 2000.
- 
- [1] S. Halász, A. A. M. Hassan, and B. T. Huu, "Optimal control of three level PWM inverters," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 44, pp. 96–107, Feb. 1997.

- [2] F. Bauer and H. D. Hening, "Quick response space vector control for a high power three-level inverter drive system," in *Proc. EPE Conf.*, Aachen, Germany, 1989, pp. 417–421.
- [3] B. T. Huu, S. Halász, and G. Csonka, "Three-level inverters with inusoidalPWMtechniques," in *Proc. 5th Int. Conf. Optimization of Electric and Electronic Equipments*, Brassov, Romania, 1996, pp. 1261–1264.
- [4] B. Velaerts, P. Mathys, and G. Bingen, "New developments of 3-level PWM strategies," in *Proc. EPE Conf.*, Aachen, Germany, 1989, pp. 411–416.
- [5] F. Jenni and D. Wueest, *Steuerverfahren für selbstgeführte Stromrichter*. Zürich, Switzerland: Hochschuleverlag, AG an der ETH, 1995.
- [6] S. Halász, G. Csonka, and A. A. M. Hassan, "Generalized harmonic loss curves of ac motors fed from two and three level inverters," in *Proc. Int. Conf. Industrial Electronics Control and Instrumentation*, Taipei, Taiwan, Aug. 5–9, 1996, pp. 957–963.
- [7] M. Depenbrock, "Pulse width control of a 3-phase inverter with non sinusoidal phase voltages," in *Proc. IEEE Int. Semiconductor Power Conf.*, 1977, pp. 399–403.
- [8] J. W. Kolar, H. Ertl, and F. Zach, "Influence of the modulation method on the conduction and switching losses of a PWM converter system," *IEEE Trans. Ind. Applicat.*, vol. 27, pp. 1063–1075, Nov./Dec. 1991.
- [9] H. van der Broeck, "Analysis of the harmonics in voltage fed inverter drives caused by PWM schemes with discontinuous switching operation," in *Proc. 3rd European Conf. Power Electronics and Applications*, Florence, Italy, 1991, pp. 261–266.
- [10] S. Halász, B. T. Huu, and A. Zakharov, "Two-phase modulation technique for three-level inverter fed ac drives," in *Proc. 9th Mediterranean Electrotechnical Conf.*, Tel-Aviv, Israel, May 18–20, 1998, pp. 1209–1213.
- [11] S. Halász and B. T. Huu, "Generalized harmonic loss-factor as a novel important quality index of PWM techniques," in *Proc. Power Conversion Conf.-Nagaoka*, Nagaoka, Japan, Aug. 3–6, 1997, pp. 787–792.
- [12] S. Halász and A. Zaharov, "Voltage spectra of two-phase PWM techniques in inverter fed ac drives," in *Proc. IEEE Int. Symp. Industrial Electronics*, Pretoria, South Africa, July 7–10, 1998, pp. 202–207.
- [13] S. Tamai, M. Koyama, T. Fujii, S. Mizguchi, and T. Kawabata, "3 level GTO converter-inverter pair system for large capacity induction motor drive," in *Proc. EPE Conf.*, Brighton, U.K., Sept. 13–16, 1993, pp. 45–50.
- [14] A. M. Walczyna and R. I. Hill, "Space vector PWM strategy for 3-level inverters with direct self-control," in *Proc. EPE Conf.*, Brighton, U.K., Sept. 13–16, 1993, pp. 152–157.
- [15] A. M. Hava, R. J. Kerkman, and T. A. Lipo, "Carrier based PWM-VSI overmodulation strategies: Analysis, comparison and design," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 13, pp. 674–689, July 1998.

### **5.1. Kesimpulan**

Implementasi controller DTC pada kendali kecepatan motor induksi tiga phase membutuhkan perubahan dan perancangan lebar hysteresis pada kedua controller on-off fluks magnet dan torsinya. Kelemahan algoritma DTC yang berupa munculnya ripple pada jaringan DC di kendali motor induksi tidak dapat secara langsung dengan mengubah-ubah lebar hysteresis controller on-off. Pengaruh yang besar adalah durasi controller DTC itu sendiri. Pengaruh durasi ini sangat signifikan terhadap lebar ripple pada haring DC.