



**KONTROL *DUTY CYCLE* DAN FREKUENSI *PULSE WIDTH MODULATION*
BERBASIS LOGIKA *FUZZY* MENGGUNAKAN PCI 1710HG UNTUK
PENINGKATAN EFISIENSI MOTOR *BRUSHLESS DIRECT CURRENT***

SKRIPSI

Oleh :

ZIPO PRIAMBODO

NIM : 081910201038

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2013



**KONTROL *DUTY CYCLE* DAN FREKUENSI *PULSE WIDTH MODULATION*
BERBASIS LOGIKA *FUZZY* MENGGUNAKAN PCI 1710HG UNTUK
PENINGKATAN EFISIENSI MOTOR *BRUSHLESS DIRECT CURRENT***

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh :

ZIPO PRIAMBODO

NIM : 081910201038

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, dengan segala kerendahan hati, kupersembahkan skripsiku ini sebagai bentuk tanggung jawab, bakti, dan ungkapan terima kasihku kepada :

Ayahanda Ruko Djoko Nugroho dan ibundaku Yuli Hartuti tercinta, terima kasih atas kasih sayang, dukungan, nasihat dan doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah bagi keberhasilanku

Bapak Dr. Ir. Bambang Sujanarko M.M beserta keluarga, saya ucapkan banyak banyak berterima kasih telah menjadi pembimbing dalam skripsi ini sampai selesai.

Saudara – saudara : kakung, uti, pakde, bude, om, bule dll terima kasih atas suportnya, sehingga menambah semangat dalam mengerjakan skripsi ini.

Sahabat - sahabatku dan teman perjuangan (Uyab, nopek, yunus, sendy, garda, mz deni, bagas,) yang selalu memberikan semangat dan motivasi ;

Savitri Aulia terima kasih atas suportnya dan menjadi penyemangat dalam hidupku sehari hari.

Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا اسْتَعِينُوا بِالصَّبْرِ وَالصَّلَاةِ إِنَّ اللَّهَ مَعَ
الصَّابِرِينَ ﴿١٥٣﴾

" Hai orang-orang yang beriman, mintalah pertolongan dengan sabar
dan tetap menegakkan shalat, sesungguhnya Allah menyertai
orang-orang yang sabar."

(Al-Baqarah : 153)

Kegagalan manusia yang terbesar adalah saat mereka berhenti berusaha
(Gilang Putra Edwantiar)

Rasa takut hanya akan membuatmu lemah dan kehilangan kepercayaan diri,
hadapilah rasa takut itu dan teruslah melangkah.

(Mario Teguh)

Untuk mencapai kesuksesan maka kita harus mengejar impian itu

(Zipo Priambodo)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Zipo Priambodo

NIM : 081910201038

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa proyek akhir yang berjudul : **Kontrol *Duty Cycle* Dan Frekuensi *Pulse Width Modulation* Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan PCI 1710HG Untuk Peningkatan Efisiensi Motor *Brushless Direct Current*** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Agustus 2013

Yang menyatakan,

Zipo Priambodo

NIM. 081910201038

SKRIPSI

KONTROL *DUTY CYCLE* DAN FREKUENSI *PULSE WIDTH MODULATION* BERBASIS LOGIKA *FUZZY* MENGGUNAKAN PCI 1710HG UNTUK PENINGKATAN EFISIENSI MOTOR *BRUSHLESS DIRECT CURRENT*

Oleh

Zipo Priambodo

NIM 081910201038

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.

Dosen Pembimbing Anggota : H.R.B. Moch. Gozali, ST., MT.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul **Kontrol *Duty Cycle* Dan Frekuensi *Pulse Width Modulation* Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan PCI 1710HG Untuk Peningkatan Efisiensi Motor *Brushless Direct Current*** telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari, Tanggal : Kamis, 26 September 2013

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.
NIP. 19631201 199402 1 002

H.R.B. Moch. Gozali, ST., MT.
NIP. 19690608 199903 1 002

Tim Penguji,

Penguji I,

Penguji II,

Dr. Bambang Sri Kaloko ST., MT.
NIP. 19710402 200312 1 001

Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T.
NIP. 19710614 199702 1 001

Mengesahkan
Dekan,

Ir. Widyono Hadi, MT.
NIP. 19610414 198902 1 001

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan tugas akhir yang berjudul **Kontrol *Duty Cycle* Dan Frekuensi *Pulse Width Modulation* Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan PCI 1710HG Untuk Peningkatan Efisiensi Motor *Brushless Direct Current*** dapat terselesaikan dengan baik. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Terselesainya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu disampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ir. Widyono Hadi, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Sumardi, ST., MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M. selaku dosen pembimbing Utama dan H.R.B. Moch. Gozali, ST., MT. selaku dosen pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesainya penulisan laporan tugas akhir ini;
4. Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko S.T., M.T selaku penguji pertama skripsi Bapak Dr. Azmi Saleh S.T., MT, selaku penguji kedua skripsi yang telah meluangkan waktu dan pikiran serta perhatiannya guna memberikan pengarahan demi terselesainya penulisan skripsi ini;
5. Ayahanda Rueko Djoko Nugroho dan Ibunda Yuli Hartuti terima kasih atas doa, dukungan, ketulusan, kasih sayang, kesabaran, ketabahan dan doa restunya;

6. Teman-teman seperjuangan di teknik elektro yang telah membantu meluangkan pikiran dan tenaga demi terselesaikannya laporan tugas akhir ini.

Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya untuk disiplin ilmu teknik elektro, kritik dan saran diharapkan terus mengalir untuk lebih menyempurnakan proyek akhir ini dan diharapkan dapat dikembangkan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

Jember, Agustus 2013

Penulis

**Kontrol *Duty Cycle* Dan Frekuensi *Pulse Width Modulation* Berbasis Logika
Fuzzy Menggunakan PCI 1710HG Untuk Peningkatan Efisiensi Motor
*Brushless Direct Current***

Zipo Priambodo

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Aplikasi motor listrik pada berbagai bidang terus meningkat, terutama motor *Brushless DC* (BLDC) yang banyak digunakan untuk penggerak sepeda listrik dan mobil listrik. Untuk menggerakkan motor BLDC digunakan metode *six-step*, yang berfungsi mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC 3 fasa. Pada penelitian ini metode *six-step* dibuat pada Simulink Matlab yang di interface pada driver 3 fasa dengan menggunakan PCI 1710HG dan PCLD 8710. Untuk mendapatkan peningkatan efisiensi, pada penelitian ini motor BLDC diatur *duty cycle* dan frekuensinya dengan kontrol logika fuzzy. Kontrol logika Fuzzy didisain menggunakan nilai daya yang paling efisien, yang datanya diambil dengan memvariasi *duty cycle* dan frekuensi pada kecepatan yang ditentukan. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa semakin besar nilai *duty cycle*, kecepatan motor BLDC semakin cepat. Semakin besar nilai frekuensi, kecepatan motor BLDC akan menurun. Hasil pengujian juga mendapatkan bahwa dengan kontrol logika Fuzzy dapat dicapai peningkatan efisiensi rata-rata sebesar 9,79%.

kata kunci : Motor Brushless DC, PWM, duty cycle, frekuensi, fuzzy logic, efisiensi

Duty Cycle And Pulse Width Modulation Frequency Control based on Fuzzy Logic Using PCI 1710HG to Improve Brushless Direct Current Motor Efficiency

Zipo Priambodo

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRACT

The application of electric motor in various sector is increase steadily over time, especially for Brushless DC (BLDC) Motor that mostly use in electric bicycle and electric car. A six-step method used to BLDC motor. This method serve as a DC to 3 phase AC voltage converter. In this research six-step method made by Matlab Simulink which interfaced with 3 phase driver using PCI 1710HG and PCLD 8710. To improve efficiency, duty cycle and frequency of BLDC motor regulated by fuzzy logic control. Fuzzy logic control designed by the most efficient power values taken from varying duty cycle and frequency at the specified speed. The research result showed that the greater duty cycle value, the faster the speed BLDC motors. The greater the frequency, BLDC motor speed will decrease. The test results also found that the Fuzzy logic control efficiency gains can be achieved by an average of 9.79%.

Keyword :Motor Brushless DC, PCI 1710HG, fuzzy logic, efisiensi

RINGKASAN

Kontrol *Duty Cycle* Dan Frekuensi *Pulse Width Modulation* Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan PCI 1710HG Untuk Peningkatan Efisiensi Motor *Brushless Direct Current*; Zipo Priambodo, 081910201038; 2013: 62 halaman; Jurusan Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember

Pengendalian motor BLDC dengan menggunakan metode *six-step*, dikarenakan metode *six-step* perubahan tegangan DC menjadi tegangan AC 3 fasa mudah di implementasikan dan memiliki algoritma yang sederhana. Metode *six-step* digunakan sebagai pentriggeran pada sistem switching, proses pentriggeran di buat pada Simulink Matlab yang di interfice pada alat menggunakan PCI 1710HG dan PCLD 8710. PCI 1710HG adalah alat yang berhubung pada komputer dan PCLD 8710 yang terhubung pada alat *switching*.

Pada Penelitian ini Motor BLDC dapat efisien dengan mengatur *duty cycle* dan frekuensi dengan kontrol logika fuzzy. Untuk mengetahui nilai yang efisiensi dari motor BLDC dicari dengan pengambilan data *trial and error* mencari nilai daya yang kecil dengan mengatur *duty cycle* dan frekuensi pada kecepatan yang ditentukan. Data hasil *trial and error* sebagai referensi dari kontrol logika fuzzy. Input fuzzy adalah kecepatan dan selisih kecepatan dengan output fuzzy adalah *duty cycle* dan frekuensi.

Semakin besar nilai *duty cycle*, kecepatan motor BLDC semakin cepat. Semakin besar nilai frekuensi, kecepatan motor BLDC akan menurun. Oleh sebab itu dicari nilai *duty cycle* dan frekuensi yang sesuai dengan mengambil data *trial and error*. Selisih perbandingan efisiensi dengan menggunakan kontrol logika fuzzy dan tanpa menggunakan kontrol logika fuzzy peningkatan efisiensi rata – rata 9,79%. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan logika fuzzy untuk efisiensi motor dapat berfungsi dengan baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan kontrol logika fuzzy.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
LEMBAR PEMBIMBING	v
PENGESAHAN	vi
PRAKATA	vii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
RINGKASAN	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Pembahasan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Brushless DC</i> motor (BLDC)	5
2.1.1 Prinsip Kerja BLDC	7
2.1.2 <i>Driver</i> Tiga Fasa	9
2.2 Pengendalian Motor BLDC	10
2.2.1 Metode <i>Six-Step</i>	10

2.2.2 <i>Mosfet</i>	11
2.3 PCI card 1710HG	13
2.3.1 Instal PCI Card pada PC	13
2.3.2 Koneksi PCI Card dengan Perangkat Luar	15
2.4 Perhitungan <i>Duty Cycle</i>	16
2.5 Efisiensi Motor Listrik	17
2.6 Logika Fuzzy	
2.6.1 Sistem Fuzzy	18
2.6.2 Struktur Dasar Kontrol Logika Fuzzy	20
2.6.3 Fuzzification	22
2.6.4 Defuzzification	23
2.6.5 Sistem Fuzzy Mamdani	23
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	25
3.1.1 Tempat Penelitian.....	25
3.1.2 Waktu Penelitian	25
3.2 Blok Diagram Sistem	25
3.3 Desain Sistem	26
3.4 Tahap Penelitian	33
BAB 4 HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Daya pada Sistem	35
4.1.1 Daya pada Aki.....	35
4.1.2 Daya pada Motor.....	39
4.1.2 Daya pada Beban.....	42
4.2 Perhitungan Efisiensi.....	45
4.3 Analisa Kontrol Logika Fuzzy	47
4.3.1 Rancangan Struktur Kontrol Logika Fuzzy	48
4.3.2 Fungsi Keanggotaan Kontrol Logika Fuzzy	50

4.3.3 Model Fungsi Keanggotaan	52
4.3.4 Rule Kontrol Logika Fuzzy.....	54
4.3.5 Rule Viewer Fuzzy.....	57
4.4 Hasil Pengujian Logika Fuzzy	58
4.5 Perbandingan Efisiensi	59
BAB 5 KESIMPULAN.....	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penampang Motor BLDC	5
Gambar 2.2 Sensor Hall dan <i>Encoder</i> pada Motor BLDC	6
Gambar 2.3 Medan Magnet Putar Stator dan Perputaran Rotor	7
Gambar 2.4 Tegangan Stator BLDC.....	8
Gambar 2.5 Skema Umum <i>Driver</i> Tiga Fasa	9
Gambar 2.6 Algoritma PWM <i>Six-Step</i>	10
Gambar 2.7 Algoritma PWM <i>Six-Step</i> 3 Phase	11
Gambar 2.8 Implementasi Algoritma <i>Six-Step</i>	11
Gambar 2.9 Simbol <i>Mosfet</i>	12
Gambar 2.10 Bentuk <i>Mosfet</i>	12
Gambar 2.11 PCI 1710HG dan PCLD 8710.....	13
Gambar 2.12 Layar <i>Setup</i> pada <i>Advantech Automatioan Software</i>	14
Gambar 2.13 <i>Different option for driver setup</i>	14
Gambar 2.14 Blok Sistem Melalui PC.....	15
Gambar 2.15 Tampilan Blok Parameter Digital Output	15
Gambar 2.16 Sinyal PWM dan persamaan V_{out} PWM	16
Gambar 2.17 Sinyal <i>Duty Cycle</i>	17
Gambar 2.18 Proses Kehilangan Energi	17
Gambar 2.19 Fuzzy System	19
Gambar 2.20 Fuzzy Kontroler	19
Gambar 3.1 Blok Diagram Inverter 3 Fasa.....	25
Gambar 3.2 Simulasi Pentriggeran <i>Six-Step</i>	27
Gambar 3.3 <i>Power Suplay</i> Pengisolasi	28
Gambar 3.4 Rangkaian Inverter	29
Gambar 3.5 Rangkaian Penyearah dan Regulator	29
Gambar 3.6 Rangkaian Buffer	30

Gambar 3.7 Rangkaian <i>Driver Motor</i>	31
Gambar 3.8 Flowcart	33
Gambar 4.1 Proses Pengambilan Data <i>Trial and Error</i>	35
Gambar 4.2 Arus pada Variasi Frekuensi dan <i>Duty Cycle</i>	36
Gambar 4.3 Daya Aki pada Variasi Frekuensi dan <i>Duty Cycle</i>	37
Gambar 4.4 Kecepatan Motor BLDC pada Variasi Frekuensi dan <i>Duty Cycle</i>	38
Gambar 4.5 Tegangan Motor BLDC pada Variasi Frekuensi dan <i>Duty Cycle</i>	39
Gambar 4.6 Arus Motor BLDC pada Variasi Frekuensi dan <i>Duty Cycle</i>	40
Gambar 4.7 Daya Motor BLDC pada Variasi Frekuensi dan <i>Duty Cycle</i>	41
Gambar 4.8 Tegangan Beban pada Variasi Frekuensi dan <i>Duty Cycle</i>	42
Gambar 4.9 Arus Beban pada Variasi Frekuensi dan <i>Duty Cycle</i>	43
Gambar 4.10 Daya Beban BLDC pada Variasi Frekuensi dan <i>Duty Cycle</i>	44
Gambar 4.11 Optimalisasi <i>Duty Cycle</i> dan Frekuensi	48
Gambar 4.12 Rangkaian Simulasi Matlab dengan Menggunakan Logika Fuzzy	49
Gambar 4.13 FIS Editor untuk Metode Mamdani	49
Gambar 4.14 Fuzzifikasi Kecepatan	52
Gambar 4.15 Fuzzifikasi Kecepatan	52
Gambar 4.16 Fuzzifikasi Frekuensi	53
Gambar 4.17 Fuzzifikasi <i>Duty Cycle</i>	53
Gambar 4.18 Rule Viewer Fuzzy.....	57
Gambar 4.19 Perbandingan Daya Input, Daya Output dan Efisiensi	58
Gambar 4.20 Perbandingan Efisiensi.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Strategi Pengendalian <i>Driver Step</i>	9
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian	25
Tabel 4.1 Tegangan pada Aki	35
Tabel 4.2 Arus pada Aki	36
Tabel 4.3 Daya pada Aki.....	37
Tabel 4.4 Kecepatan pada Motor BLDC	38
Tabel 4.5 Tegangan pada Motor BLDC	39
Tabel 4.6 Arus pada Motor BLDC	40
Tabel 4.7 Daya Pada Motor BLDC.....	41
Tabel 4.8 Tegangan Pada Beban.....	42
Tabel 4.9 Arus Pada Beban.....	43
Tabel 4.10 Daya Pada Beban	44
Tabel 4.11 Perhitungan Efisiensi Motor BLDC	46
Tabel 4.12 Perhitungan Efisiensi Generator	46
Tabel 4.13 Perhitungan Efisiensi Beban.....	47
Tabel 4.14 Data Optimalisasi <i>Duty Cycle</i> dan Frekuensi	47
Tabel 4.15 Hasil Pengujian Fuzzy	58
Tabel 4.16 Hasil Perbandingan Efisiensi	59