



**PENGENDALIAN *PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR*
(PMSM) MENGGUNAKAN *CONSTRUCTIVE LEVENBERG MARQUARDT*
*NEURAL NETWORK (LMNN)***

SKRIPSI

Oleh :
AHMAD JAHBIDZ HANNANY
NIM 091910201068

**PROGRAM STUDI STRATA I TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**PENGENDALIAN *PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR*
(*PMSM*) MENGGUNAKAN *CONSTRUCTIVE LEVENBERG MARQUARDT*
*NEURAL NETWORK (LMNN)***

SKRIPSI

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

Oleh

Ahmad Jahbidz Hannany

NIM 091910201068

**PROGRAM STUDI STRATA SATU TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2014

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibu Faridah dan Bapak Hafidh Adnan tercinta yang telah memberikan do'a dan dukungan tanpa henti-hentinya;
2. Saudara-saudaraku Afih Saifullah, Idam Rahmanto, dan Ahmad Mufin Rosyadi yang selalu memberikan semangat;
3. Ufiyah Hakimah yang selalu menemaniku;
4. Seluruh keluarga besarku, terima kasih atas dukungan yang telah diberikan selama ini;
5. Guru-guruku yang telah memberikan bekal ilmu untuk mengarungi kehidupan ini;
6. Almamater Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember;

MOTO

“Dan katakanlah (wahai Nabi Muhammad) tambahkanlah ilmu kepadaku.”

[Thaaha : 114]

Nabi kita *shallallahu ‘alaihi wa sallam* setiap kali selesai dari melaksanakan shalat subuh beliau senantiasa berdo’a: “Ya Allah sesungguhnya saya minta kepada Engkau ilmu yang bermanfaat, rizqi yang baik dan amalan yang diterima”

Rosulullah *shallallahu ‘alaihi wa sallam* bersabda: “barang siapa yang menghendaki dunia maka dengan ilmu, dan barangsiapa yang menghendaki akhirat maka dengan ilmu.”

"Engkau berpikir tentang dirimu sebagai seonggok materi semata, padahal di dalam dirimu tersimpan kekuatan tak terbatas" - Ali Bin Abi Thalib RA.

Berilmu Amaliah Beramal Ilmiah

(Semangat Perjuangan IMM)

“Ilmu akan menjadikan manusia lebih sukses dibandingkan malaikat. Dengan ilmu pula manusia akan menjadi lebih buruk dibanding hewan”

(Ahmad Jahbidz Hannany)

“Berteman dengan orang bodoh yang tidak mengikuti ajakan hawa nafsunya adalah lebih baik bagi kalian, daripada berteman dengan orang alim tapi selalu suka terhadap hawa nafsunya.”

(Ibnu Attailah as Sakandari)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ahmad Jahbidz Hannany

NIM : 091910201068

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengendalian *Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM)* Menggunakan *Constructive Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN)*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan 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 ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2014

Yang menyatakan,

Ahmad Jahbidz Hannany
NIM 091910201068

SKRIPSI

**PENGENDALIAN *PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS*
MOTOR (PMSM) MENGGUNAKAN *CONSTRUCTIVE*
*LEVENBERG MARQUARDT NEURAL NETWORK (LMNN)***

Oleh

Ahmad Jahbidz Hannany

NIM 091910201068

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Pengendalian *Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM)* Menggunakan *Constructive Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN)*” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Senin, 30 Juni 2014

tempat : Ruang Sidang II, Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji

Ketua

Sekretaris

Supriyadi Prasetyono, S.T., M.T.
NIP. 19700404 199601 1 001

Anggota 1

Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T.
NIP. 19800610 200501 1 003

Anggota 2

Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.
NIP. 19700826 199702 1 001

Samsul Bachri Masmachofari, S.T., M.MT.
NIP. 19640317 199802 1 001

Mengesahkan:
Dekan
Fakultas Teknik

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

PENGENDALIAN *PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR (PMSM)*
MENGUNAKAN *CONSTRUCTIVE LEVENBERG MARQUARDT NEURAL*
NETWORK (LMNN)

Ahmad Jahbidz Hannany

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) digunakan dalam berbagai aplikasi yang dalam proses kerjanya dibutuhkan respon cepat dan torsi operasi berkinerja tinggi. Sebelumnya terdapat *PSMS drive* terinjeksi *AC-DC flyback converter* yang digunakan untuk mereduksi kandungan harmonisa dan meningkatkan faktor daya. Kekurangan dari sistem ini adalah belum diterapkannya aplikasi pengendali PMSM. Oleh sebab itu dirancang suatu pengendali *vector controlled PSMS* menggunakan metode *Levenberg Marquardt Neural Network*. *Vector controlled LMNN* disusun atas dasar pembelajaran pola kerja *vector controlled* konvensional. Dalam pembelajarannya LMNN menyusun pola baru untuk mengendalikan PMSM. Dari hasil uji coba saat diberikan beban yang berbeda-beda respon arus pengendali LMNN memberikan respon arus yang lebih cepat mecapai steady state dengan rata-rata 3,5 ms, sedangkan untuk nilainya LMNN bernilai lebih kecil dibandingkan dengan kendali konvensional, dengan respon arus seperti itu respon kecepatan LMNN mendekati kecepatan ketetapan rata-rata 499,32 rpm selisih 1,48 rpm dengan kendali konvensional. Sedangkan saat diberikan *setting* kecepatan yang berbeda-beda respon torsi yang diciptakan kendali LMNN mendekati nilai beban yang diberikan rata-rata 3,17 Nm, sehingga respon kecepatan didapat hampir mendekati kecepatan ketetapan.

Kata kunci: Pengendali PMSM, *vector controlled LMNN*, respon PMSM.

*CONTROL OF PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR (PMSM) USING
NEURAL NETWORK CONSTRUCTIVE LEVENBERG MARQUARDT (LMNN)*

Ahmad Jahbidz Hannany

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRACT

Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) used in various applications in the working process needed a quick response and high performance operating torque. Previously there PSMS drive injected AC-DC flyback converter that is used to reduce the content of harmonics and improve the power factor. The drawback of this system is not the application of PMSM controller applications. Therefore designed a control vector controlled PSMs using Levenberg Marquardt Neural Network. Vector controlled LMNN prepared on the basis of learning vector controlled conventional working patterns. In preparing LMNN learning a new pattern for controlling PMSM. From the test results when given different load response control flow LMNN respond faster currents mebcapai steady state with an average of 3.5 ms, whereas for LMNN value is worth less than the conventional control, the current response as the response speed approaching the speed LMNN statutes mean difference 1.48 499.32 rpm rpm with conventional control. Meanwhile, when given setting different speed torque response control LMNN created close to the value given load average of 3.17 Nm, so that the response speeds nearing the speed of determination obtained.

Keywords: *Control PMSM, vector controlled LMNN, response PMSM.*

RINGKASAN

Pengendalian *Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM)* Menggunakan *Constructive Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN)*;

Ahmad Jahbidz Hannany; 091910201068; 2014; Halaman; Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Jember.

Motor dengan *Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM)* digunakan dalam berbagai aplikasi yang dalam proses kerjanya dibutuhkan respon cepat dan torsi operasi berkinerja tinggi. Mengacu pada penelitian yang dilakukan Singh penelitian ini membuktikan sekaligus memodifikasi sistem yang direkomendasikan Singh. Modifikasi terletak pada sistem kendali PMSM. Pada penelitian ini dilakukan pengendalian PMSM menggunakan *Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN)*. LMNN merupakan sebuah metode kontrol dengan model jaringan yang digunakan untuk diaplikasikan pada penyelesaian suatu masalah berkaitan dengan identifikasi, prediksi, pengenalan pola dan sebagainya. Metode ini memiliki kelebihan berupa latihan yang berulang-ulang, algoritma ini akan menghasilkan unjuk kerja yang lebih baik.

Dengan hasil pembelajaran terbaik LMNN diaplikasikan langsung menggantikan kendali konvensional PMSM. Hasil uji coba membuktikan pada saat diberikan beban yang berbeda-beda respon arus pengendali levenberg marquardt neural network (LMNN) memberikan respon arus yang lebih cepat mencapai steady state dengan rata-rata 3,5 ms, sedangkan untuk nilainya LMNN bernilai lebih kecil dibandingkan dengan kendali konvensional, dengan respon arus seperti itu respon kecepatan LMNN lebih mendekati kecepatan ketetapan dengan rata-rata kecepatan 499,32 rpm selisih 1,48 rpm dibandingkan menggunakan kendali konvensional. Sedangkan saat diberikan setting kecepatan yang berbeda-beda dan nilai beban 3 Nm, respon torsi yang diciptakan oleh kendali LMNN mendekati nilai beban yang diberikan rata-rata 3,17 Nm, berbeda dengan kendali konvensional

semakin besar *setting* yang diinginkan semakin besar torsi yang dibangkitkan hal tersebut mengakibatkan respon kecepatan semakin jauh dari kecepatan ketetapan.

SUMMARY

Control of Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) Using Constructive Neural Network Levenberg Marquardt (LMNN);

Ahmad Jahbidz Hannany; 091910201068; , 2014; page; Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering, University of Jember.

Motor with Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM) used in various applications in the working process needed a quick response and high performance operating torque. Referring to research conducted this study proves once Singh modify the recommended system Singh. Modification lies in the PMSM control system. In this study the control of PMSM using Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN). LMNN is a control method that is used by the network model to be applied in the settlement of a matter relating to the identification, prediction, pattern recognition, and so on. This method has the advantage of repetitive practice, this algorithm will result in a better performance.

With the best learning outcomes LMNN applied directly replace conventional control of PMSM. The results of the experiments proved when given different load currents response Levenberg Marquardt neural network controller (LMNN) current responding faster mebcapai steady state with an average of 3.5 ms, whereas for LMNN value worth less than the conventional control, the current response as the response speed is near the speed LMNN statutes with an average speed of 499.32 rpm difference of 1.48 rpm compared to using conventional control. Meanwhile, when given setting different speed and load rating 3 Nm torque response created by the control LMNN approaching a given value of the load average of 3.17 Nm, in contrast to conventional control settings desired the greater the greater the torque is raised it resulted in a response rate of speed far more provisions.

PRAKATA

Segala puji syukur kehadiran ALLAH SWT. atas segala rahmat dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis yang berjudul “Pengendalian *Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM)* Menggunakan *Constructive Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN.)*”

Penyusunan karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. ALLAH SWT. yang telah memberikan kami karunia kehidupan sehingga kami dapat menyelesaikan tulisan kami.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember Bapak Ir. Widnyono, Hadi M.T. dan Bapak Sumardi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini;
3. Bapak Supriyadi Prasetyono, S.T., M.T. dan Bapak Dedy Kurnia Setiawan, ST., MT.selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan karya tulis ini.
4. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. dan Bapak H. Samsul Bachri, S.T., M.MT. sebagai dosen penguji yang banyak memberikan masukan, perhatian, dan waktunya kepada saya selama penulisan skripsi ini.
5. Kedua orang tuaku Ibunda dan Ayahanda tercinta yang selama ini telah memberikan dorongan dan do'anya demi terselesaikannya karya tulis ini.
6. Saudara-saudaraku yang selalu memberikan semangat.
7. Seluruh keluarga besarku, terima kasih atas dukungan yang telah diberikan selama ini.
8. Keluarga Besar “Generasi Al-Ma’un” IMM Universitas Jember yang telah memberikan berbagai pengalaman yang tak ternilai harganya.
9. Kawan-kawan Angkatan 2009 yang telah berjuang bersama dengan jurus “Sak Lawase Tetep Dulur” untuk mencapai cita-cita bersama.

10. Kawan-kawan seperjuangan Project D yang telah membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
11. Keluarga Besar RISTEK yang telah menjadi pelopor "Kehidupan Madani" di Fakultas Teknik.
12. Seluruh Pengurus HME Periode 2011-2012 yang telah membantu menjalankan roda kepemimpinan dengan penuh semangat.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan karya tulis ini. Akhirnya penulis berharap agar karya tulis ini bermanfaat.

Jember, Juni 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
ABSTRAK	viii
RINGKASAN	x
PRAKATA.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Rectifier (AC to DC)</i>	4
2.1.1 Penyearah Diode Setengah Gelombang	5
2.1.2 Penyearah Diode Gelombang Penuh	6
2.1.3 Penyearah Gelombang Penuh Model Jembatan	7
2.1.4 Tapis (Filter).....	8
2.2 <i>DC-DC Converter</i>	9
2.2.1 Prinsip Kerja <i>Step-Down</i>	9
2.2.2 Prinsip Kerja <i>Step-Up</i>	10
2.3. <i>Inverter (DC to AC)</i>	12

	Halaman
1.3.1 <i>Voltage Source Inverter (VSI)</i>	13
2.4. <i>Controller</i>	17
2.4.1 <i>DOL System</i>	17
2.4.2 <i>Positioning Motor with encoder</i>	18
2.4.3 <i>Variable Speed Drive (VSD)</i>	19
2.5. PMSM	21
2.5.1 Konstruksi PMSM	21
2.5.2 Prinsip Kerja	22
2.5.3 Model dan Dinamika Mesin	23
2.5.4 PMSM 3-fasa	24
2.5.5 Kurva karakteristik torsi-kecepatan PMSM	24
2.5.6 Pengaruh perubahan beban pada PMSM.....	25
2.5.7 Pengaruh pengubahan arus medan pada PMSM	26
2.5.8 Rangkaian Ekuivalen PMSM	28
2.6. Levenberg Marquardt Neural Network (LMNN).....	30
BAB 3. METODE PENELITIAN	33
3.1 Rancangan Penelitian	33
3.2 Blok Rangkaian Simulasi	36
3.3 <i>Rectifier</i>	37
3.3.1 <i>Rectifier</i> konvensional	37
3.3.2 <i>AC-DC flyback converter</i>	38
3.4 <i>Inverter</i>	39
3.5 <i>Vector Controlled</i>	40
3.5.1 <i>Vector Controlled</i> konvensional	40
3.5.2 <i>Vector Controlled</i> LMNN	41
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Analisis Rancangan AC-DC <i>rectifier</i> Konvensional dan AC-DC <i>Flyback Converter Controller</i>	45

	Halaman
4.1.1 Analisis Faktor Daya	45
4.1.2 Analisis Harmonisa	48
4.2 Analisis Rancangan Pengendali Kontrol Konvensional dengan Kontrol LMNN Terhadap Perubahan Beban.....	49
4.2.1 Tanpa Beban	49
4.2.2 Beban Konstan	53
4.2.3 Beban Berubah-Ubah	57
4.3 Analisis Rancangan Pengendali Kontrol Konvensional dengan Kontrol LMNN Terhadap Perubahan Kecepatan	62
4.3.1 Kecepatan <i>setting</i> 500 rpm.....	63
4.3.2 Kecepatan <i>setting</i> 750 rpm.....	66
4.3.3 Kecepatan <i>setting</i> 1000 rpm.....	69
BAB 5. PENUTUP	72
5.1 Kesimpulan.....	72
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN	74

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Mode Operasi Pada <i>Single Phase VSI</i>	14
Tabel 3.1 Parameter PMSM Drive	44
Tabel 4.1 hasil faktor daya penyearah	47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Rangkaian Umum <i>Drive Motor</i>	4
Gambar 2.2 Penyearah setengah gelombang	5
Gambar 2.3 Rangkaian penyearah gelombang penuh.....	6
Gambar 2.4 Keluaran dari penyearah gelombang penuh	6
Gambar 2.5 Penyearah gelombang penuh model jembatan	8
Gambar 2.6 Arus beban sebagai fungsi dari tegangan keluaran untuk tapis-C dan tapis-L	8
Gambar 2.7 Rangkaian Step-Down.....	9
Gambar 2.8 Tegangan dan Arus Output Step-Down	10
Gambar 2.9 Rangkaian Step-Up	10
Gambar 2.10 Arus Induktor Step-Up	11
Gambar 2.11 Kenaikan Tegangan terhadap K	12
Gambar 2.12 Single Half Bridge Phase VSI.....	13
Gambar 2.13 Tegangan Keluaran dan Arus Konduksi	14
Gambar 2.14 (a) Teknik Kontrol PWM; (b) Tegangan Output	15
Gambar 2.15 VSI Tiga Fasa.....	15
Gambar 2.16 Sinyal Referensi, Triangular dan Sinyal Pulse.....	16
Gambar 2.17 Tegangan Line Output VSI Tiga Fasa	16
Gambar 2.18 Skema Pengasutan Motor Secara Langsung Menggunakan Kontaktor Magnet.....	18
Gambar 2.19 Blok penyusun rotary encoder.....	19
Gambar 2.20 transformasi abc ke dq.....	20
Gambar 2.21 Kontruksi dari PMSM.....	22
Gambar 2.22 Terjadinya torsi pada motor sinkron	22
Gambar 2.23 Karakteristik torsi – kecepatan.....	24
Gambar 2.24 Pengaruh perubahan beban pada motor sinkron	25

	Halaman
Gambar 2.25 Pengaruh kenaikan arus medan pada motor sinkron.....	26
Gambar 2.26 Kurva V hubungan antara arus jangkar Ia dengan arus medanIF	27
Gambar 2.27 Rangkaian Ekuivalen.....	28
Gambar 2.28 Kurva Demagnetisasi	29
Gambar 2.29 Rangkaian Ekuivalen Thevenin	29
Gambar 2.30 Proses Mencari metode steepest descent.....	31
Gambar 3.1 Diagram Alir Rancangan Penelitian.....	35
Gambar 3.2 Diagram blok sistem	36
Gambar 3.3 <i>Rectifier</i> konvensional.....	37
Gambar 3.4 <i>Flyback converter</i>	38
Gambar 3.5 Single Half Bridge Phase VSI.....	39
Gambar 3.6 Vector Controlled konvensional.....	40
Gambar 3.7 Vector Controlled LMNN	41
Gambar 3.8 Proses Pelatihan.....	42
Gambar 4.1 (a) Gelombang daya aktif <i>rectifier</i> konvensional (b) gelombang daya aktif AC-DC <i>flyback converter</i>	46
Gambar 4.2 Bentuk Gelombang Arus Sumber Sistem menggunakan (a) <i>rectifier</i> konvensional (b) <i>flyback converter</i>	48
Gambar 4.3 Skenario pertama analisis terhadap perubahan beban	49
Gambar 4.4 Respon arus (a) konvensional (b) LMNN saat tanpa beban.....	50
Gambar 4.5 Respon kecepatan (a) konvensional (b) LMNN saat tanpa beban	51
Gambar 4.6 Respon torsi (a) konvensional (b) LMNN saat tanpa beban.	52
Gambar 4.7 respon torsi saat overshoot dan mendekati steady state (a) konvensional (b) LMNN kondisi tanpa beban.	53
Gambar 4.8 skenario pertama analisis terhadap perubahan beban.....	53
Gambar 4.9 respon arus (a) konvensional (b) LMNN saat diberikan beban konstan	54
Gambar 4.10 respon kecepatan (a) konvensional (b) LMNN saat diberikan beban konstan	55

Gambar 4.11 respon torsi (a) konvensional (b) LMNN saat diberikan beban konstan	56
Gambar 4.12 skenario ketiga analisis terhadap perubahan beban	57
Gambar 4.13 respon arus konvensional saat diberikan beban berubah-ubah	57
Gambar 4.14 respon arus LMNN saat diberikan beban berubah-ubah	58
Gambar 4.15 respon arus (a) konvensional (b) LMNN saat diberikan beban berubah-ubah	58
Gambar 4.16 respon kecepatan (a) konvensional (b) LMNN saat diberikan beban berubah-ubah	59
Gambar 4.17 respon torsi (a) konvensional (b) LMNN saat diberikan beban berubah-ubah	60
Gambar 4.18 Pengaruh kenaikan beban pada arus jangkar	61
Gambar 4.19 ketetapan beban pada setiap pengaturan kecepatan.	62
Gambar 4.20 Kecepatan setting 500 rpm	63
Gambar 4.21 respon arus setting 500 rpm menggunakan kendali (a) konvensional (b) LMNN	63
Gambar 4.22 respon torsi setting 500 rpm menggunakan kendali (a) konvensional (b) LMNN	64
Gambar 4.23 respon kecepatan setting 500 rpm menggunakan kendali (a) konvensional (b) LMNN	65
Gambar 4.24 Kecepatan setting 750 rpm	66
Gambar 4.25 respon arus setting 750 rpm menggunakan kendali (a) konvensional (b) LMNN	66
Gambar 4.26 respon torsi setting 750 rpm menggunakan kendali (a) konvensional (b) LMNN	67
Gambar 4.27 respon kecepatan setting 750 rpm menggunakan kendali (a) konvensional (b) LMNN	68
Gambar 4.28 Kecepatan setting 1000 rpm	69

Gambar 4.29 respon arus setting 1000 rpm menggunakan kendali (a) konvensional (b) LMNN	69
Gambar 4.30 respon torsi setting 1000 rpm menggunakan kendali (a) konvensional (b) LMNN	70
Gambar 4.31 respon torsi setting 1000 rpm menggunakan kendali (a) konvensional (b) LMNN	70
Gambar 4.32 respon kecepatan setting 1000 rpm menggunakan kendali (a) konvensional (b) LMNN	71

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Tabel Hasil Pengujian Simulasi kendali Konvensional	74
Tabel Hasil Pengujian Simulasi kendali LMNN.....	74