



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN PENGENDALI *MODEL PREDICTIVE CONTROL*
(*MPC*) *CONSTRAINED* PADA SISTEM
*PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL (PEM FC)***

TESIS

DHARMA ARYANI

0706173206

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KONTROL INDUSTRI
UNIVERSITAS INDONESIA
JULI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PERANCANGAN PENGENDALI MODEL *PREDICTIVE CONTROL*
(*MPC*) *CONSTRAINED* PADA SISTEM
*PROTON EXCHANGE MEMBRANE FUEL CELL (PEM FC)***

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister

DHARMA ARYANI

0706173206

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KONTROL INDUSTRI
UNIVERSITAS INDONESIA
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber yang baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar**

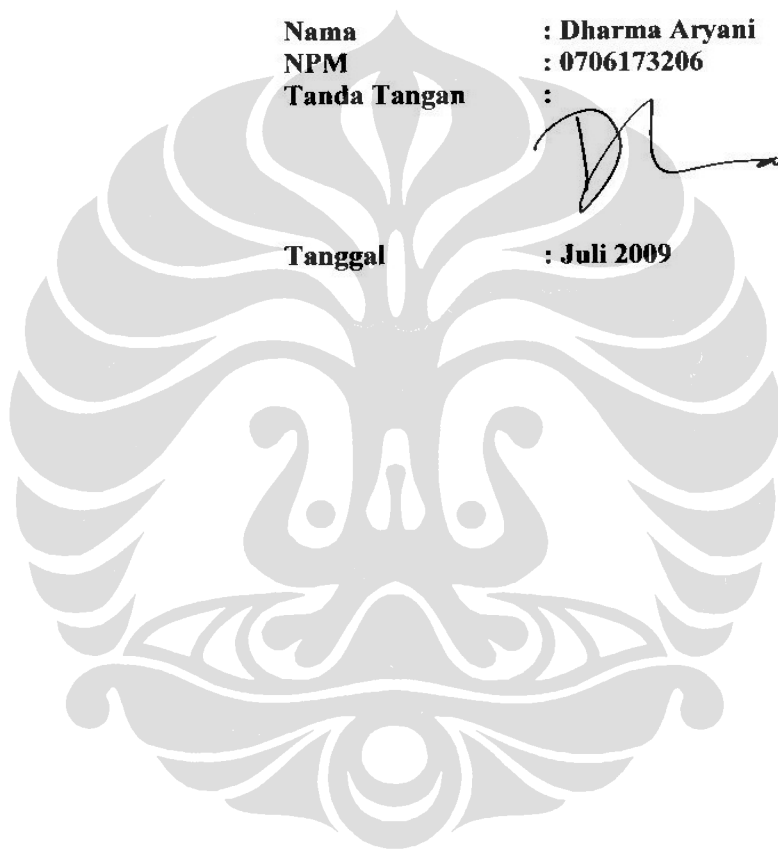
Nama : Dharma Aryani

NPM : 0706173206

Tanda Tangan :



Tanggal : Juli 2009




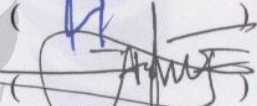
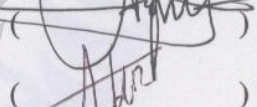
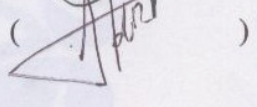
HALAMAN PENGESAHAN

Thesis ini diajukan oleh

Nama : Dharma Aryani
NPM : 0706173206
Program Studi : Teknik Kontrol Industri
Judul Thesis : Perancangan Pengendali *Model Predictive Control (MPC) Constrained* pada Sistem *Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister pada program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Ir. Feri Yusivar, M.Eng ()
Pembimbing II : Ir. Aries Subiantoro, M.SEE ()
Penguji : Dr. Ir. Ridwan Gunawan, MT ()
Penguji : Dr. Abdul Halim, M.Eng ()

Depok, Juli 2009

UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillah, atas segala karunia dan petunjuk dari Allah SWT. Karena kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tesis ini. Penyusunan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sangat mendalam kepada :

Bapak Dr. Ir. Feri Yusivar, M.Eng. dan Bapak Ir. Aries Subiantoro, M.SEE., selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran didalam mengarahkan penulis selama penelitian dan penyusunan laporan tesis ini.

Dan semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, Juli 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dharma Aryani

NPM : 0706173206

Program Studi : Teknik Kontrol Industri

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Tesis

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non- Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Perancangan Pengendali *Model Predictive Control (MPC) constrained* pada sistem *Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)* beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : Juli 2009

Yang menyatakan



(Dharma Aryani)

ABSTRAK

Nama : Dharma Aryani
Program Studi : Teknik Kontrol Industri
Judul Tesis : Perancangan dan *Model Predictive Control (MPC) Constrained*
pada sistem *Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)*

Dalam thesis ini dirancang sebuah algoritma pengendali Model Predictive Control (MPC) Constrained dan diimplementasikan pada sistem Proton Exchange Membrane Fuel Cell. Model yang digunakan adalah model linier yang didapatkan dari Identifikasi sistem dengan metode Least Square. *Constraint* di berikan pada perubahan masing-masing sinyal kendali serta perbandingan antara sinyal kendali pertama dan kedua. Dari hasil simulasi terlihat bahwa pengendali MPC menghasilkan respon keluaran yang mengikuti sinyal acuan yang diberikan, serta mampu mengatasi gangguan yang berupa perubahan beban yang terjadi pada sistem PEMFC. Dengan pemberian *constraint* pada pengendali MPC, sinyal kendali yang dihasilkan dapat dibatasi sesuai dengan karakteristik fisik dari sistem PEMFC.

Kata kunci : MPC, Fuel Cell, Constraint, Model Linier

ABSTRACT

Name : Dharma Aryani
Study Program : Industrial Control Engineering
Thesis Title : Design of Model Predictive Control (MPC) Constrained for Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC) system

This theses presents a Constrained Model Predictive Control design . The controller is implemented in the Proton Exchange Membrane Fuel Cell. The MPC algorithm based on the Linear model generated from identification system using Least Square Method. The controller consist of control signal constraints including the comparison of each control signal amplitude. The simulation result show that the MPC resulting a very good transient behaviour , the output from PEMFC can follow the trajectory and did not effected by load change disturbances. With some constraint additional in MPC, the control signals can be bounded refer to the real characteristic of PEMFC.

Keywords: MPC, Fuel Cell, Constrained, Linear Model

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan.....	2
1.3. Pembatasan Masalah.....	2
1.4. Susunan Penulisan.....	3
BAB 2 DASAR TEORI.....	4
2.1. Konsep Dasar MPC.....	4
2.2. Formulasi MPC.....	7
2.2.1. Model Proses.....	8
2.2.2. Prediksi	8
2.2.3. Strategi pengendali MPC Unconstrained.....	12
2.2.4. Strategi pengendali MPC Constrained	15
2.2.4.1. Pembentukan constrained	15
2.2.4.2. Metode Quadratic Programming.....	17
BAB 3 PERANCANGAN PENGENDALI MPC UNTUK SISTEM PEMFC.....	20
3.1. Sistem Dinamik PEMFC.....	20
3.2. Model Linier Sistem PEMFC.....	22
3.2.1. Pengetesan Observability dan Controllability Model.....	23
3.3 Algoritma MPC Constrained.....	25
3.4. Penurunan Persamaan Sinyal Kendali.....	30
3.5. Langkah Perhitungan Sinyal Kendali.....	31

BAB 4 ANALISA HASIL PERANCANGAN.....	37
4.1. Pengujian MPC Unconstrained.....	37
4.2. Pengujian MPC Constrained.....	38
BAB 5 KESIMPULAN.....	50
DAFTAR REFERENSI.....	51



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Struktur Pengendali MPC.....	6
Gambar 2.2.	Strategi Receding Horizon	6
Gambar 3.1	Karakteristik tegangan Fuel Cell	22
Gambar 3.2.	Blok Diagram Pengendali MPC dengan Constraint.....	25
Gambar 3.3.	Diagram alir algoritma MPC dengan constraint.....	26
Gambar 3.4.	Diagram alir metode active set untuk menyelesaikan QP...	29
Gambar 4.1.	Keluaran Sistem dengan pengendali MPC tanpa Constraint	37
Gambar 4.2.	Sinyal kendali pengendali MPC tanpa constraint.....	38
Gambar 4.3.	Keluaran Sistem dengan pengendali MPC Constraint(Q=1,R=0.1)	39
Gambar 4.4.	Sinyal kendali pengendali MPC constraint (Q=1,R=0.1) ..	39
Gambar 4.5.	Keluaran Sistem dengan pengendali MPC Constraint(Q=1,R=1)	40
Gambar 4.6.	Sinyal kendali pengendali MPC constraint (Q=1,R=1)	41
Gambar 4.7.	Keluaran Sistem dengan pengendali MPC Constraint(Q=1,R=10)	42
Gambar 4.8.	Sinyal kendali pengendali MPC constraint (Q=1,R=10) ..	42
Gambar 4.9.	Keluaran Sistem dengan pengendali MPC Constraint(Q=1,R=100)	43
Gambar 4.10.	Sinyal kendali pengendali MPC constraint (Q=1,R=100) ..	44
Gambar 4.11.	Keluaran Sistem dengan pengendali MPC Constraint(Q=0.1,R=10)	45
Gambar 4.12.	Sinyal kendali pengendali MPC constraint (Q=0.1,R=10) ..	46
Gambar 4.13.	Keluaran Sistem dengan pengendali MPC Constraint(Q=10,R=10)	47
Gambar 4.14.	Sinyal kendali pengendali MPC constraint (Q=10,R=10) ..	47
Gambar 4.15.	Keluaran Sistem dengan pengendali MPC Constraint(Q=100,R=10)	48
Gambar 4.16.	Sinyal kendali pengendali MPC constraint (Q=100,R=10)	49

