# ANALISIS PENAMPILAN MHD *ACCELERATOR* TIPE FARADAY

**SKRIPSI**

oleh

**Win Syahran Utama Arifmiko**
**NIM 061910201029**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S1**
**FAKULTAS TEKNIK**
**UNIVERSITAS JEMBER**
**2011**

# ANALISIS PENAMPILAN MHD *ACCELERATOR* TIPE FARADAY

**SKRIPSI**

**diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi syarat-syarat**
**untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)**
**dan guna mencapai gelar Sarjana Teknik**

oleh

**Win Syahran Utama Arifmiko**
**NIM 061910201029**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S1**
**FAKULTAS TEKNIK**
**UNIVERSITAS JEMBER**
**2011**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahan untuk:

1. Ibunda Elly Rosna dan Ayahanda Surja Abdul Jalil tercinta, yang dengan sungguh-sungguh menyayangi, mendoakan, dan mempedulikan serta memberikan energi positifnya selama ini;
2. guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi, yang telah memberikan ilmu, membimbing, dan mendorong maju dengan penuh kesabaran;
3. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

**MOTO**

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.
(Terjemahan Surat *Al-Mujaadilah* Ayat 11)[*)]

Pelajari kebenaran di pagi hari, dan matilah dengan bahagia di malam hari. [**)]

Tiada suatu usaha yang besar akan berhasil tanpa dimulai dari usaha yang kecil. [***)]

---

[*)] Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang:PT Kumudasmoro Grafindo.

[**)] Konfusius dalam Tang, M.C. 2007. Kisah-*kisah Kebijaksanaan China Klasik.* Jakarta: Gramedia

[***)] Joeniarto, 1967 dalam Mulyono, E. 1998. *Beberapa Permasalahan Implementasi Konvensi Keanekaragaman Hayati dalam Pengelolaan Taman Nasional Meru Betiri*. Tesis magister yang tidak dipublikasikan.

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Win Syahran Utama Arifmiko

NIM : 061910201029

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Analisis Penampilan Mhd *Accelerator* Tipe Faraday" adalah benar-benar 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 mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 4 Oktober 2011

Yang menyatakan,

Win Syahran Utama Arifmiko

NIM 061910201029

**SKRIPSI**

# ANALISIS PENAMPILAN MHD *ACCELERATOR* TIPE FARADAY

Oleh

Win Syahran Utama Arifmiko
NIM 061910201029

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : H. Samsul Bachri M., S.T., M.MT.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul *Analisis Penampilan MHD Accelerator Tipe Faraday* telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Elektro Universitas Jember pada:

hari : Selasa

tanggal: 4 Oktober 2011

tempat : Fakultas Teknik Elektro Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

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

Sekretaris,

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

Anggota I,

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

Anggota II,

Sumardi, S.T., M.T.
NIP. 19670113 199802 1 001

Mengesahkan
an. Dekan
Pembantu Dekan I,

Mahros Darsin, S.T., M.Sc.
NIP. 19700322 199501 1 001

**Analisis Penampilan Mhd *Accelerator* Tipe Faraday**

**Win Syahran Utama Arifmiko**

*Electrical Engineering, Engineering Faculty, Jember University*

***ABSTRACT***

*Results of numerical studies of a linear Faraday type MHD accelerator using Quasi-one dimensional computational methods is presented. A working gas of air-plasma, consisting of diatomic molecules of nitrogen, oxygen and hydrogen, is considered in order to actualize application of the MHD accelerator propulsion system. In order to solve the set of differential equations of magnetohydro-dynamics, the MacCormack scheme is employed. Numerical results show the characteristics of push power, flow velocity, gas temperature and electrical conductivity of the MHD accelerator with changes for outlet wides. The best performance of wide channel outlet design computations are compared with numerical simulation results in past studies. With this condition resulted 15,7 mm wide channel outlet made the best performance for propultion effect. Furthermore by increasing amount of magnetic field strength, push power output for 15,7 mm gives better value with up to 33,763.83 KW/$m^2$, when around 1.0 – 2.5 Tesla. But the previous design channel work greatly better on supermagnet influence 3.0 – 4.0 Tesla, with push power up to 196,742 KW/$m^2$.*

***Keywords:*** *MHD accelerator, MacCormack scheme, Magnetohydrodynamics, Magnetics field strength, Push power.*

# RINGKASAN

**Analisis Penampilan MHD *Accelerator* Tipe Faraday**; Win Syahran Utama Arifmiko, 061910201029; 2011: 48 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

MHD (*Magnetohydrodynamics*) adalah ilmu pengetahuan yang mempelajari pergerakan dinamis dari penghantar listrik fluida dengan pengaruh medan magnetik di sekelilingnya. Fluida ini meliputi plasma, cairan logam, dan air garam yang dapat menghantarkan listrik. Sebagai kebalikan dari MHD generator pembangkit listrik, MHD *accelerator* diketahui sebagai sistem pendorong udara yang daya listrik nantinya dikonversi menjadi gaya tekan pada gas atau plasma yang digunakan.

Pada penelitian ini akan dibahas pengaruh lebar outlet *channel* MHD dan medan magnetik di sekitarnya terhadap penampilan MHD *accelerator* tipe Faraday. Perhitungan akan dilakukan dengan metode numerik *Quasi-one dimension. S*imulasi udara terdiri dari 3 jenis, $N_2$, $O_2$, dan $H_2$ dengan konsentrasi 1 mol, 0,284 dan 0,568 mol secara berurutan. Fraksi massanya berkisar 28,0134, 3,92 dan 0,98 g secara berurutan. Gas yang digunakan dibibiti dengan potassium, dan fraksi bibit adalah 1% dari berat keseluruhan gas, dimana disamakan menjadi 0,978% dalam rasio mol.

Desain sebagai acuan dari adalah dari NASA Marshall Space Flight Center. Tinggi dan lebar *channel* disimpangkan sepanjang arah aliran dengan sudut simpang $1^o$. Tinggi dan lebar inlet 15,7 mm, dan untuk keluaran adalah 35,56 mm. *Channel* memiliki 65 secara keseluruhan dengan lebar 5 mm. Karakteristik yang dicari untuk perubahan lebar outlet memiliki batasan dari 15,7 mm hingga 55 mm. Sedangkan untuk medan magnetiknya dibatasi dari 1 Tesla hingga 4 Tesla. Untuk menyelesaikan persamaan MHD akan menggunakan persamaan differensial skema MacCormack.

Karakteristik penampilan daya dorong, suhu, tekanan, kerapatan arus dan konduktivitas gas mengalami penurunan sepanjang jarak aksial *channel* MHD seiring melebarnya nilai outlet *channel*. Sedangkan kecepatan gas udara dan hall parameter mengalami peningkatan. Daya dorong adalah ukuran kemampuan MHD acceletator sebagai sebuah sistem pendorong dengan adanya efek Gaya Lorentz di dalamnya.

Setelah dilakukan simulasi perhitungan, didapat hasil untuk lebar channel outlet 15,7 memiliki daya dorong maksimal hingga mencapai 25.000 KW/$m^2$. Kondisi channel ini dianggap maksimal, kemudian akan dibandingkan dengan kondisi channel sebelumnya yaitu dengan lebar outlet 35,56 mm. Perbandingan lebih lanjut akan dilakukan dengan mengubah-ubah pengaruh medan magnetik di sekitar channel.

Perubahan medan magnetik dibatasi dari 1 hingga 4 Tesla, dengan keakuratan interval 0,5 T. Hasil perhitungan menunjukkan channel MHD dengan lebar outlet 15,7 mm menghasilkan penampilan lebih maksimal saat dipengaruhi medan magnet 1 – 2,5 Tesla. Dengan kekuatan daya dorong mencapai 33763.83 KW/$m^2$ pada 2,5 Tesla. Sedangkan untuk kondisi *channel* percobaan sebelumnya (yaitu lebar outlet = 35,56 mm) hanya 20058.51 KW/$m^2$. Kondisi *channel* MAPX (lebar outlet 35,56 mm), memiliki karakteristik yang jauh lebih baik saat dipengaruhi supermagnet antara 3 sampai 4 Tesla. Nilai daya dorongnya mencapai 196742 KW/$m^2$, sedangkan untuk kondisi lebar outlet 15,7 mm hanya 49592.91 saat dipengaruhi medan magnetik 3,5 Tesla.

## PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. yang telah memberikan kemudahan, kesempatan dan kelancaran sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Analisis Penampilan Mhd *Accelerator* Tipe Faraday" tanpa ada halangan yang berarti. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan program Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Jember.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu tersusunnya skripsi ini, khususnya kepada:

1. Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama, Samsul Bahri, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Dua yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penyusunan skripsi ini;
2. Suprihadi Prasetyono,S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama menjadi mahasiswa;
3. Win Sahrial Efendi Aramiko dan Winanda Fikri Panemiko sebagai saudara tersayang yang selalu memberikan inspirasi dan dorongan untuk selalu berkembang;
4. rekan-rekan khususnya Teknik Elektro Angkatan 2006, yang telah banyak membantu dan memberikan dorongan semangat untuk selalu maju di masa kuliah;
5. Rektor Universitas Jember melalui dana DIPA Universitas Jember yang telah mendanai penelitian ini dengan ketua peneliti Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T., dan anggota peneliti Muh. Nurkoyim Kustanto, S.T., M.T., berdasarkan surat No. 0106/023-04.2/XV/2010 pada tanggal 31 Desember 2010;

6. semua pihak yang tidak dapat ditulis satu per satu, termasuk di dalamnya rekan-rekan di Universitas Jember, teman-teman kos dan lingkungan belajar sosial.

Penulis juga menerima kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Oktober 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman


**HALAMAN JUDUL** ..... ii

**HALAMAN PERSEMBAHAN** ..... iii

**HALAMAN MOTO** ..... iv

**HALAMAN PERNYATAAN** ..... v

**HALAMAN PEMBIMBINGAN** ..... vi

**HALAMAN PENGESAHAN** ..... vii

**ABSTRAK** ..... viii

**RINGKASAN** ..... ix

**PRAKATA** ..... xi

**DAFTAR ISI** ..... xiii

**DAFTAR GAMBAR** ..... xv

**DAFTAR TABEL** ..... xvii

**BAB 1. PENDAHULUAN** ..... 1

**1.1 Latar Belakang** ..... 1

**1.2 Rumusan Masalah** ..... 2

**1.3 Batasan Masalah** ..... 2

**1.4 Tujuan dan Manfaat** . ..... 2

**1.5 Sistematika Penulisan** ..... 3

**BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA** ..... 4

**2.1 Prinsip dari *MHD Accelerator*** ..... 4

**2.2 Konfigurasi *MHD accelerator*** ..... 5

**2.3 Persamaan-persamaan Dasar** ..... 6

2.3.1 Persamaan Partikel Berat ..... 7

2.3.2 Persamaan Elektron ..... 8

**2.4 Persamaan dalam Elektromagnetik** ..... 10

2.4.1 Medan Listrik dan Kerapatan Arus ..... 10

2.4.2 Persamaan Maxwell ..... 10
2.4.3 Metode Induksi Magnetik ..... 11
2.4.4 Metode Potensial Listrik ..... 12
**2.5 Metode MacCormack** ..... 13
**2.6 Kondisi Awal** ..... 14
**2.7 Persamaan Tambahan** ..... 16
**2.8 Kekentalan Buatan** ..... 16
**2.9 Parameter Daya** ..... 17
**BAB 3. METODE PENELITIAN** ..... 18
**3.1 Tempat dan Waktu Penelitian** ..... 18
**3.2 Program Fortran** ..... 18
**3.3 Kondisi Mhd *Accelerator* pada Simulasi Sebelumnya** ..... 19
**3.4 Kondisi Channel MHD Accelerator Simulasi Ini** ..... 20
3.4.1 Mengubah Kondisi Lebar Outlet *Channel* ..... 20
3.4.2 Mengubah Kondisi Medan Magnet ..... 21
3.4.2.1 Pada Channel Accelerator Sebelumnya ..... 21
3.4.2.2 Pada Channel dengan Outlet Maksimal ..... 21
**3.5 Alur Penelitian** ..... 22
**BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN** ..... 23
**4.1 Kondisi Gas Dinamik** ..... 23
**4.2 Karakteristik Penampilan saat Perubahan Outlet** ..... 24
**4.3 Perbandingan Penampilan *Channel* Mhd *Accelerator* dengan Merubah Medan Magnet** ..... 32
**BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN** ..... 46
**5.1 Kesimpulan** ..... 46
**5.2 Saran** ..... 47
**DAFTAR PUSTAKA** ..... 48

## DAFTAR GAMBAR

Halaman


Gambar 2.1 Prinsip MHD accelerator..... 4
Gambar 2.2 Elektroda hubungan Faraday pada Channel MHD accelerator .... 6
Gambar 3.2 Bagan tahapan dalam simulasi Magnetohydrodynamics ..... 19
Gambar 3.2 Skema channel MAPX accelerator ..... 19
Gambar 3.4 Diagaram alir analisis MHD Accelerator ..... 22
Gambar 4.1 Kecepatan dengan perubahan kondisi outlet channel ..... 24
Gambar 4.2 Tekanan gas dengan perubahan kondisi outlet channel ..... 25
Gambar 4.3 Suhu gas dengan perubahan kondisi outlet *channel*..... 26
Gambar 4.4 Kerapatan arus dengan perubahan kondisi outlet *channel* ..... 27
Gambar 4.5 Hall parameter perubahan dengan kondisi outlet *channel* ..... 28
Gambar 4.6 Konduktivitas listrik dengan perubahan kondisi outlet *channel* . 29
Gambar 4.7 Daya dorong dengan perubahan kondisi outlet *channel* ..... 30
Gambar 4.8 Karakteristik kecepatan gas saat lebar outlet 35,56 mm ..... 33
Gambar 4.9 Karakteristik kecepatan gas saat lebar outlet 15,7 mm ..... 33
Gambar 4.10 Perbandingan kecepatan gas terhadap medan magnet ..... 34
Gambar 4.11 Karakteristik suhu gas saat lebar outlet 35,56 mm ..... 34
Gambar 4.12 Karakteristik suhu gas saat lebar outlet 15,7 mm ..... 35
Gambar 4.13 Perbandingan suhu gas terhadap medan magnet ..... 35
Gambar 4.14 Karakteristik tekanan gas saat lebar outlet 35,56 mm ..... 36
Gambar 4.15 Karakteristik tekanan gas saat lebar outlet 15,7 mm..... 36
Gambar 4.16 Perbandingan tekanan gas terhadap medan magnet ..... 37
Gambar 4.17 Karakteristik kerapatan listrik saat lebar outlet 35,56 mm ..... 38
Gambar 4.18 Karakteristik kerapatan listrik saat lebar outlet 15,7 mm ..... 38
Gambar 4.19 Perbandingan kerapatan listrik terhadap medan magnet ..... 39
Gambar 4.20 Karakteristik parameter Hall saat lebar outlet 35,56 mm ..... 39
Gambar 4.21 Karakteristik parameter Hall saat lebar outlet 15,7 mm ..... 40
Gambar 4.22 Perbandingan parameter Hall terhadap medan magnet ..... 40

Gambar 4.23 Karakteristik konduktivitas listrik saat lebar outlet 35,56 mm .. 41
Gambar 4.24 Karakteristik konduktivitas listrik saat lebar outlet 15,7 mm .... 41
Gambar 4.25 Perbandingan konduktivitas listrik terhadap medan magnet ..... 42
Gambar 4.26 Karakteristik daya dorong saat lebar outlet 35,56 mm ..... 42
Gambar 4.27 Karakteristik daya dorong saat lebar outlet 15,7 mm ..... 43
Gambar 4.28 Perbandingan daya dorong terhadap medan magnet ..... 43

## DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian Skripsi..... 18
Tabel 3.2 Kondisi yang dalam simulasi MAPX sebelumnya ..... 20
Tabel 4.1 Penampilan karakteristik MHD accelerator; perhitungan untuk perubahan lebar outlet channel ..... 32
Tabel 4.2 Perbandingan Penampilan Mhd Accelerator Dengan Perbedaan Kondisi Lebar Output Channel; Terhadap Perubahan Kuat Medan Magnetik ..... 45