

MAKALAH ILMIAH

**PANDANGAN PENELITIAN TENTANG GENERATOR DAN
AKSELERATOR MAGNETOHIDRODINAMIKA**



Oleh

Dr. TRIWAJU HARDIANTO, S.T., M.T

Diseminarkan pada tanggal 2-4, bulan Juni, tahun 2014 di Seminar Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia, Campus Center Timur, Institut Teknologi Bandung

forte 2014

PROSIDING SEMINAR FORUM PENDIDIKAN TINGGI TEKNIK ELEKTRO INDONESIA

“PENINGKATAN KUALITAS PENDIDIKAN TINGGI
TEKNIK ELEKTRO INDONESIA”

CAMPUS CENTER TIMUR ITB, 2-4 JUNI 2014

PENYELENGGARA:



SEKOLAH
TEKNIK ELEKTRO
DAN INFORMATIKA

Teknik Elektro
Teknik Tenaga Listrik
Teknik Telekomunikasi

DIDUKUNG OLEH:



Microsoft® Innovation Center
Institut Teknologi Bandung



PT. PLN (PERSERO)

Pengantar

Panitia Seminar

Daftar Makalah

Indeks Penulis



Seminar Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia

Bandung – ITB, 2 Juni 2014

Pengantar

FORTEI merupakan wadah komunikasi lebih dari 100 lembaga Pendidikan Tinggi Teknik Elektro, PTN maupun PTS, dari seluruh strata pendidikan baik S1/S2/S3, D3/D4, maupun politeknik di seluruh Indonesia. FORTEI 2014 merupakan forum pertemuan tahunan para pendidik, akademisi dan peneliti di bidang terkait Teknik Elektro.

FORTEI 2014 bertempat di Kampus Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia pada tanggal 2-4 Juni 2014. Penyelenggaraan FORTEI 2014 yang bertajuk “Peningkatan Kualitas Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia” ini dipercayakan kepada Program Studi Teknik Elektro, Teknik Tenaga Elektrik, dan Teknik Telekomunikasi, Sekolah Teknik Elektro & Informatika, Institut Teknologi Bandung (ITB).

Sebagai rangkaian dari pertemuan, acara FORTEI 2014 diisi dengan diskusi tentang keorganisasian, Kerangka Kualifikasi Kasional Indonesia, dan berbagi pengalaman mengenai pendidikan Teknik Elektro untuk berperan positif bagi kemajuan dan kemandirian bangsa. Selain itu, peserta dapat juga mengikuti workshop tentang akreditasi internasional, pelaksanaan capstone-design, dan e-learning dalam pendidikan Teknik Elektro.

Pertemuan FORTEI 2014 akan diawali dengan Seminar FORTEI 2014 sebagai media komunikasi akademik bagi para peserta. Seminar FORTEI 2014 ini dimaksudkan sebagai forum bagi para pendidik, peneliti, akademisi, dan praktisi untuk mempresentasikan hasil penelitian mereka serta platform untuk membangun atau mengembangkan hubungan kerjasama antara peserta. Selain presentasi makalah seminar, panitia FORTEI 2014 juga mengundang beberapa pembicara utama di bidang Teknik Elektro.



Seminar Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia

Bandung – ITB, 2 Juni 2014

Panitia FORTEI 2014

Pengarah:

Suwarno (Dekan STEI ITB)

Muhamad Asvial (Ketua FORTEI)

Ketua:

Arief Syaichu Rohman (Kaprodik Teknik Elektro STEI ITB)

Wakil Ketua:

Nanang Hariyanto

Ian Joseph M Edward

Sekretaris:

Yati Suyati

Bendahara:

Aciek Ida WS

Ambarwati Retno Wahyuningsih

Sri Rahayu Setianingsih

Program Seminar & Sidang :

Muhammad Nurdin

Adit Kurniawan

Mervin T Hutabarat

Umar Khayam

Ahmad Munir

Prosiding:

M Amien Sulthoni

Mistriana

Rifki Wijaya

Workshop & Open House:

Yudi Satria G

Ary Setijadi P

Deny Hamdani

M Sigit Arifianto

Agung Wahyu S

Acara & Sponsor:

Widyawardhana Adiprawita

Srimiati

Siti Jenab S

Rahman Faisal

Fasilitas:

Tedi Kusmawan

Nendah Jubaedah

Irwan Zaenal



Daftar Makalah

Wasimudin Surya Saputra, Bachtiar Hasan, dan Imam Munandar

Studi Pengaruh Perubahan Temperatur Terhadap Karakteristik Tegangan Tembus Minyak Isolasi Nynas

Adhi Mahendra

Implementasi Gabor Filter dan Support Vector Machine (SVM) pada Pendeteksian Wajah

Jaja Kustija dan Muhammad Adli Rizqulloh

Rancang Bangun Potensiostat Terprogram untuk Mengukur Kelajuan Korosi

Adit Kurniawan

Teknik Deteksi Multiuser pada Sistem CDMA

Hafsah Nirwana

Evaluasi Kinerja Model Komunikasi Data Wireless Sensor Network Non-Mobile dan Mobile Terdistribusi Fixed

Subiyanto

A New Topology of High Performance Boost Converter

Octarina Nur Samijayani

Xbee Wireless Sensor Networks for Train Arrival Monitoring System

Rachmad Vidya W. Putra, Hilman Mauludin, Dian Surgawiwaha, dan Muhammad Amin Sulthoni

Design, Simulation, and Analysis of Parallel Double Quantum Dots by using SIMON Software

Muhammad Safri Lubis dan Ardani Dwi Atmojo

Perancangan Secure Login Website Menggunakan Algoritma Enkripsi XXTEA

Triwahju Hardianto

Pandangan Penelitian Tentang Generator Dan Akselerator Magnetohidrodinamika

Syahfrizal Tahcfullloh

Effect of Rain Attenuation for Pathloss Determination Using Okumura-Hata Propagation Model

Iwan Sonjaya

Desain Iklan Layanan Masyarakat Tentang Keselamatan Berlalu lintas Berbasis Animasi 3D

Zaini dan Roni Putra

Perancangan Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik di Universitas Andalas

Rizal Munadi, Ernita Dewi Meutia, Elizar, M. Irhamsyah, dan Murlaini

Pemetaan Lokasi Access Point di Fakultas teknik Unsyiah dengan Algoritma Trilaterasi

Dwi Jatmiko Nugroho, Arief Goeritno, dan Muhidin

Prototipe Sistem Akuisisi dan Kontrol Berbasis Mikrokontroler untuk Studi Eksperimental Pengontrolan Suhu dan Kelembaban Relatif pada Analogi Rak Komputer Server

Endah Setyaningsih dan Jefri Vanandes

Sistem Lampu Jalan Pintar pada Jalan Arteri DKI Jakarta (Studi Kasis Jalan Daan Mogot Jakarta Barat)

Redi Ratiandi Yacoub dan Bambang Riyanto Trilaksono

Recurrent Polynomial Aproximator untuk Pemodelan ANC Secondary Path

Laurel Vinysi, Herman Kanalebe, dan M. Gracio

Analisis Source Coding AMR pada GSM

Rakhmad Yatim Kossidi, Arief Goeritno, dan Vetho Sayuti

Sistem Deteksi Keberadaan Hujan dan Ketinggian Permukaan Air untuk Informasi Dini Bencana Banjir Berbantuan Automatic Packet Reporting System (APRS)

Zahir Zainuddin dan Hafsah Nirwana

Auto Integrasi Sensor Pada Jaringan Sensor Cloud

Achmad Ubaidillah, Koko Joni, Miftahul, Haryanto, Diana Rahmawati, dan Riza Alfita

Peramalan Kinerja Jaringan Komputer dengan Metode Regresi Linier dan Regresi Multi Linier

IAD Giriantari, IW Sukerayasa, IN Setiawan, dan WG Ariastina

Sistem Kelistrikan Tiga Nusa Setelah Beroperasinya Kabel Laut Bali-Nusa Lembongan

Pandangan Penelitian Tentang Generator Dan Akselerator Magnetohidrodinamika

Triwahju Hardianto^{#1}, Yudha Megantara^{#1}

^{#1}Department of Electrical Engineering, University of Jember
Jl. Kalimantan No.37 Jember Indonesia

¹triwahju@gmail.com

Abstract— This paper describes research on generator and accelerator magnetohidrodinamika (MHD). In experiment of the MHD generator of diagonal conducting wall type obtained that simulation value of the electrical power is 18.8 kW and at the accelerator MHD experiments obtained that the speed of MHD channel is up to 2.5 cm / sec.

Keywords— MHD, generator, akselerator, channel, fluida

I. INTRODUCTION

Paper ini menjelaskan mengenai pandangan penelitian generator magnetohidrodinamika (MHD) tipe diagonal dan juga akselerator/daya dorong MHD.

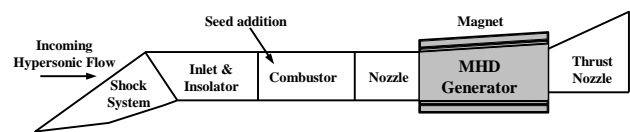
Sebuah perkembangan teknologi tentang pembangkit tenaga listrik generator MHD dipelajari dalam paper ini sebagai pengganti MHD channel tipe Faraday [11]. Sebuah *channel* dinding hantaran diagonal *Diagonal Conducting Wall* (DCW) diterapkan dalam studi ini untuk aplikasi kendaraan ruang angkasa untuk membangkitkan daya listrik. Seperti yang kita ketahui bahwa generator MHD adalah sebuah studi plasma suhu tinggi yang dilewatkan pada medan elektromagnetik yang kuat untuk mendapatkan pembangkitan daya listrik. Plasma-plasma dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar dalam ruang bakar tekanan tinggi dan menghasilkan zat yang dapat terionisasi dengan mudah.

Model generator MHD digerakkan oleh scramjet diterapkan dalam studi ini. Sistem ini adalah sebuah generator MHD yang dikemukakan oleh scramjet dimana generator MHD diintegrasikan secara langsung kedalam jalur aliran sistem daya dorong dari aliran *combustor* dari scramjet seperti ditunjukkan pada gambar 1 [1,2].

Plasma gas kerja berisi *pre-heater* H₂, plasma udara, O₂ *enrichment*, *seed* (NaK) dan aliran bahan bakar *combustor* *scramjet*. Berdasarkan pembakaran efisiensi, kita telah mempelajari penampilan generator DCW dengan efisiensi-pembakaran 75%, 85% and 95% sebagai sebuah studi pendahuluan [3]. Kita telah juga mempelajari penampilan generator dengan efisiensi pembakaran 89% dan dibandingkan dengan hasil-hasil perhitungan dan eksperimen data LyTec. Hasil-hasil penampilan data perbandingan memiliki hasil yang bersesuaian seperti hasil distribusi potensial *Hall* baik perhitungan komputasi maupun hasil eksperimen [4].

Untuk hasil-hasil perhitungan dengan kondisi plasma non-uniform diperoleh bahwa pembangkitan daya listrik sebesar

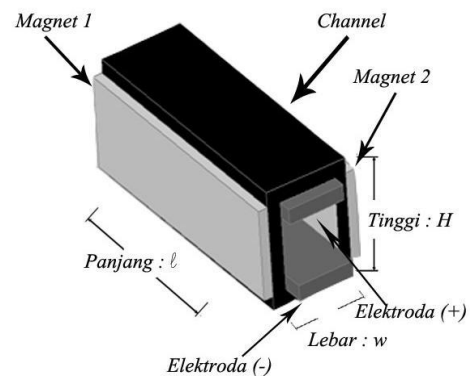
41.8 kW dengan medan elektromagnetik diset pada 2,2 T [8]. Pada efek kenaikan medan magnetik yang juga menaikkan daya listrik yang dihasilkan oleh MHD generator [9] dan efek drop Hall potensial akibat adanya pembebanan yang bertambah [10].



Gambar 1. Scramjet-driven MHD generator concept

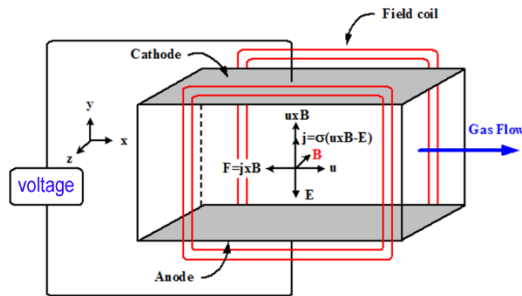
Dalam hal penelitian akselerator/daya dorong MHD dibuat sebuah *channel* yang merupakan terowongan dari kapal MHD yang menjadi tempat dimana gaya Lorentz akan bekerja sehingga kapal dapat melaju [13].

Channel kapal seperti ditunjukkan pada gambar 2, terdapat dua buah magnet yang ditempatkan di sisi horizontal (kanan – kiri) sehingga timbul medan magnetik secara horizontal pula (kanan ke kiri), lalu sebuah plat tembaga ditempatkan di bagian atas dan bawah channel sehingga jika disambungkan dengan sumber DC maka akan mengalir arus secara vertikal dari bagian atas ke bawah [12,14]. Medan magnet dan arus listrik yang mengalir secara berpotongan tadi menyebabkan timbul sebuah gaya Lorentz yang arahnya masuk ke dalam channel, hal inilah yang menyebabkan kapal MHD dapat bergerak. Pada gambar 3 ditunjukkan gaya yang terjadi pada *channel*.



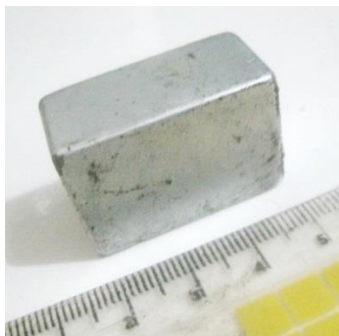
Gambar 2. Channel MHD accelerator

Beberapa magnet yang dapat digunakan adalah magnet neodimum yang merupakan magnet kuat saat ini yang terdiri dari bahan neodimum, boron, dan besi. Pemilihan magnet jenis ini dikarenakan medan magnet yang dihasilkan jauh lebih kuat dibandingkan dengan magnet ferrit.



Gambar 3. Channel MHD akselerator dengan catu tegangan

Perbedaan keduanya secara fisik adalah magnet neodimum berwarna putih/perak sedangkan magnet ferrit berwarna hitam pekat. Gambar magnet neodimum seperti ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Channel MHD accelerator

II. MATHEMATICAL MODEL

A. Persamaan Pembangkitan Generator MHD Dimensi-Satu

Persamaan-persamaan dinamika fluida diberikan oleh persamaan-persamaan kontinuitas untuk masa, momentum dan konservasi energi dengan memasukkan efek MHD seperti bentuk berikut ini [5]:

Persamaan continuitas:

$$\frac{\partial \rho A}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u A)}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

Persamaan momentum:

$$\frac{\partial (\rho u A)}{\partial t} + \frac{\partial (\rho u u A)}{\partial x} = (j \times B - \nabla p) - A P_L \quad \dots\dots\dots(2)$$

Persamaan energy:

$$\frac{\partial (E_s A)}{\partial t} + \frac{\partial [(E_s + p) u A]}{\partial x} = A j \cdot E - A Q_L \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$E_s = \rho \left(C_v T_g + \frac{1}{2} u^2 \right) \quad \dots\dots\dots(4)$$

Dimana ρ adalah densitas fluida, A adalah luas bagian penampang *channel*, u adalah kecepatan fluida, B adalah kuat medan magnetik, E adalah medan listrik, J densitas arus, E_s adalah energi total, C_v adalah panas spesifik pada volume konstan, T_g adalah suhu gas statis, P_L adalah rugi-rugi tekanan, Q_L adalah rugi-rugi panas dan p adalah tekanan statis.

Kondisi untuk generator dinding hantaran diagonal adalah [6,7]:

$$\frac{E_y}{E_x} = \tan \theta = \varphi \quad \dots\dots\dots(5)$$

Dimana $\gamma = (\pi/2) - \theta$ adalah sudut dinding sisi hantaran diagonal, θ adalah sudut medan listrik dan φ adalah arah medan listrik seperti ditunjukkan pada gambar 5.

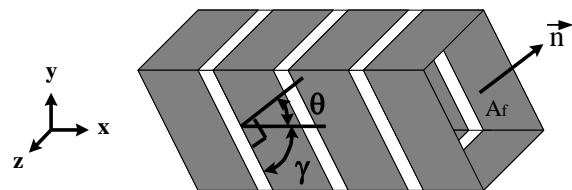


Fig. 5. Generator MHD dinding hantaran diagonal

Arus beban dalam generator diagonal tersebut adalah

$$I = j \cdot n A_f = \left(j_x + \tan \theta j_y \right) A = \left(j_x + \varphi j_y \right) A \quad (6)$$

dimana A_f adalah luas kemiringan (*slanted*) terlengkap oleh rangka elektroda, dan n adalah arah normal dari A_f . Hukum Ohm's dengan parameter drop tegangan tanpa dimensi dapat dinyatakan dalam hubungan berikut :

$$\Delta = E_d / uB = V_d / uBh \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$j_x = \Sigma E_x - \Omega j_y \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$j_y = \Sigma E_y - \Sigma uB(1 + \Delta) + \Omega j_x \quad \dots\dots\dots(9)$$

dimana E_d adalah medan listrik ekuivalen yang dinyatakan dengan drop tegangan efektif, V_d adalah drop tegangan efektif dan h adalah tinggi channel, dengan menggunakan persamaan (5), (6), (8) and (9) kita memperoleh persamaan-persamaan generator dinding hantaran diagonal sebagai berikut:

$$j_x = \frac{(1 - \Omega \varphi) I + A \varphi \Sigma u B (1 + \Delta)}{A (1 + \varphi^2)} \quad \dots\dots\dots(10)$$

$$j_y = \frac{(\Omega + \varphi) I - A \varphi \Sigma u B (1 + \Delta)}{A (1 + \varphi^2)} \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$E_x = \frac{(1 + \Omega^2)I + A(\varphi - \Omega)\Sigma uB(1 + \Delta)}{A\Sigma(1 + \varphi^2)} \dots\dots\dots (12)$$

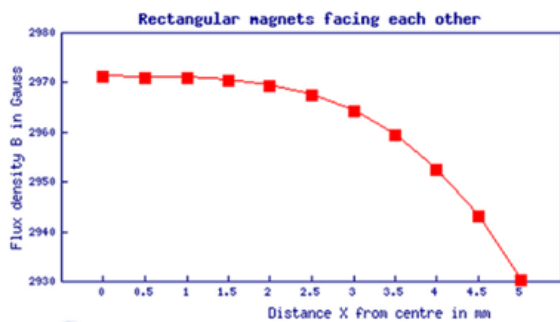
$$E_y = \varphi E_x \dots\dots\dots (13)$$

konduktivitas listrik, parameter Hall, konstanta gas dan panas spesifik pada volume konstan diberikan oleh fungsi yang tergantung pada tekanan dan suhu. Simbol φ dan Δ tergantung pada mode operasi. Untuk mode generator: $\varphi < 0$ dan $-1 \leq \Delta \leq 0$. Dan densitas daya (power density) didefinisikan sebagai berikut:

$$P = \mathbf{j} \cdot \mathbf{E} \dots\dots\dots (14)$$

B. Percobaan Akselerator MHD

Dalam pengambilan data penentuan dari jarak antar magnet yang ingin diletakkan pada channel daya dorong MHD, dengan bantuan perhitungan fluks density pada alamat *web www.magneticsolutions.com.au*. Magnet yang digunakan dalam penelitian ini adalah magnet neodmium dengan panjang 3 cm lebar 2.5 cm dan tebal 0.5 cm yang akan mendapatkan grafik jarak magnet seperti gambar 6.



Gambar 6. Hubungan Jarak Magnet dengan Besar Medan Magnet

III. HASIL DAN DISKUSI

Pada percobaan generator MHD dilakukan simulasi dengan menggunakan perhitungan persamaan dinamika fluida dimensi satu. Sedangkan pada akselerator MHD dilakukan percobaan pemberian tegangan pada *channel* MHD.

A. Generator Magnetohidrodinamika

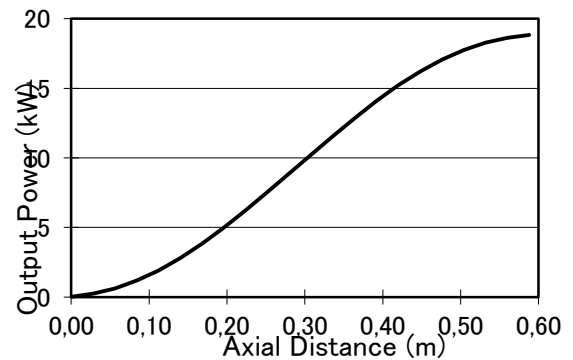
Disain dari generator MHD adalah menggunakan konfigurasi dinding hantaran diagonal. Konfigurasi dan konstruksi disain bersesuaian dengan konsep HVEPS (Hypersonic Vehicle Electric Power System) untuk aplikasi ruang angkasa [1]. Panjang channel generator adalah 59.28 cm, dengan ukuran lebar dan tinggi adalah 15.24 cm dan 15.4 cm pada inlet channel, dan ukuran lebar dan tinggi 15.24 cm dan 16.34 cm pada exit channel.

Tabel 1 adalah daftar parameter operasional dan fisik dari sistem yang digunakan dalam analisa penelitian ini.

TABEL I
PARAMETER GENERATOR MHD

PARAMETER	SETTING
Peak Magnetic field strength (T)	1.45
Diagonalization angle (°)	25°
Load current (A)	57.82
Effective voltage drop	-0.25
G-Factor	3.24
Length (cm)	59.28
Inlet width and height (cm)	15.24 and 15.40
Exit width and height (cm)	15.24 and 16.34

Analisa penampilan generator MHD dengan channel dinding hantaran diagonal didasarkan pada perhitungan dengan menggunakan simulasi numerik dimensi satu dengan seting sudut diagonal 25°. Untuk penampilan daya output ditunjukkan pada gambar 33, diperoleh bahwa daya output berada pada level 18,8 kW.



Gambar 7. Daya Output Generator MHD

B. Akselerator Magnetohidrodinamika

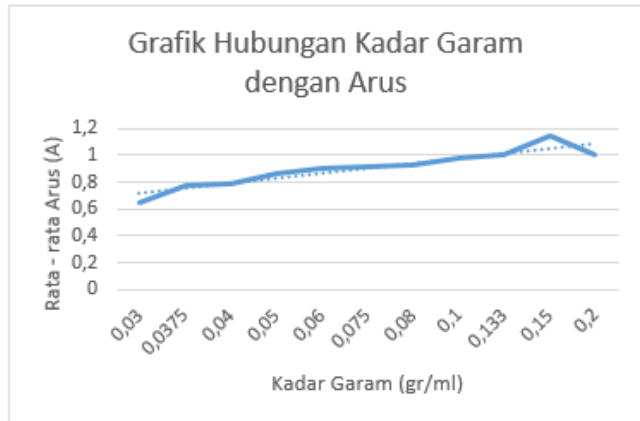
Hubungan antara banyaknya kadar garam dengan arus yang akan dihasilkan dengan menggunakan tegangan 12 Volt pada *channel* akselerator diperoleh pada tabel 2 dan grafik hubungan kadar garam dengan nilai rata-rata arus listrik yang melewati channel ditunjukkan pada gambar 8.

TABEL 2
HASIL PERCOBAAN HUBUNGAN KADAR GARAM DAN ARUS

Kadar Garam (gr/ml)	Arus (A)			
	Exp. I	Exp. II	Exp. III	Rata-rata
0.2000	1.02	1.01	0.99	1.000
0.1500	1.15	1.13	1.16	1.140
0.1330	1.00	1.02	0.98	1.000
0.1000	1.02	0.96	0.98	0.980
0.0800	0.93	0.95	0.92	0.930
0.0750	0.91	0.92	0.92	0.915
0.0600	0.90	0.91	0.90	0.903
0.0500	0.86	0.85	0.89	0.866

0.0400	0.80	0.78	0.77	0.783
0.0375	0.75	0.77	0.79	0.770
0.0300	0.66	0.64	0.63	0.643

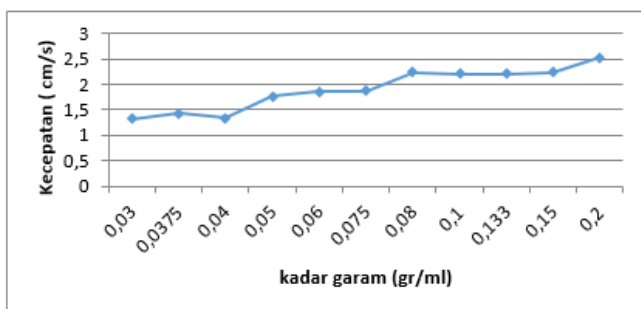
Hubungan antara banyaknya kadar garam dengan kecepatan yang dihasilkan dengan menggunakan tegangan 12 Volt pada channel akselerator diperoleh pada tabel 3 dan grafik hubungan kadar garam dengan nilai kecepatan *channel* ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 8. Nilai rata-rata arus

TABEL 3
HASIL PERCOBAAN HUBUNGAN KADAR GARAM DAN KECEPATAN

Kadar Garam (gr/ml)	Jarak Tempuh (cm)	Waktu Tempuh (s)	Kecepatan (cm/s)
0.2000	25	9.88	2.53
0.1500	25	11.16	2.24
0.1330	25	11.31	2.21
0.1000	25	11.31	2.21
0.0800	25	11.16	2.24
0.0750	25	13.36	1.87
0.0600	25	13.44	1.86
0.0500	25	14.23	1.76
0.0400	25	18.61	1.34
0.0375	25	17.48	1.43
0.0300	25	18.79	1.33



Gambar 9. Kecepatan akselerator MHD

IV. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini disimpulkan bahwa bila pengaruh medan elektromagnetik semakin meningkat maka hasil dari tekanan, suhu, potensial Hall dan daya output juga meningkat. Hasil yang diperoleh bahwa nilai daya yang dibangkitkan sebesar 18.8 kW berdasarkan seting medan elektromagnetik puncak sebesar 1.45 T.

Pada akselerator MHD, semakin besar kadar garam maka gaya dan arus listrik yang dihasilkan juga semakin besar. Semakin besar kadar garam air, maka kecepatan kapal juga semakin besar. Semakin dekat jarak antar magnet maka besar medan magnet yang terjadi juga semakin besar. Dengan baterai 12 volt dan magnet neodmium maka kecepatan *channel* yang diperoleh adalah sekitar 1.3 – 2.0 cm/s

REFERENCES

- [1] Lineberry, J. T., Begg L, Castro, J. H., Litchford, R. J., and Donohue, J. M., "HVEPS Scramjet-Driven MHD Power Demonstration Test Results", 38th AIAA Plasmadynamics and Lasers Conference In Conjunction with the 16th International Conference on MHD Energy Conversion, AIAA-2007-3881, Miami, FL, June 25-28, 2007.
- [2] T. Hardianto, Sakamoto, N. and Harada, N.: "Study of a diagonal channel MHD power generation", AIAA-2007-0398, 45th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, Reno, Nevada, January 8-11, 2007.
- [3] T. Hardianto, N. Sakamoto, and N. Harada, "Performance Study of a Diagonal Conducting Wall MHD power generation", AIAA-2007-4016, 38th AIAA Plasmadynamics and Lasers Conference In Conjunction with the 16th International Conference on MHD Energy Conversion, AIAA-2007-4016, Miami, FL, June 25-28, 2007.
- [4] N. Sakamoto, M.Anwari, M., J. Kondo, and N. Harada, "Three-Dimensional Analyses of an MHD Accelerator", AIAA-2005-4922, 36th AIAA Plasmadynamics and Lasers Conference, June 6-9, 2005.
- [5] WU, Y. C. L.: "Performance Theory of Diagonal Conducting Wall MHD Generators", AIAA Journal, 14:1362-1368 (1976).
- [6] Litchford, R.J.: "Performance Theory of Diagonal Conducting Wall MHD Accelerators", AIAA-2003-4284, 34th Plasmadynamics and Lasers Conference, June 23-26, 2003.
- [7] Rosa, R.J.: "Magnetohydrodynamic Energy Conversion", McGraw-Hill, Inc., 1968.
- [8] T. Hardianto, "Penampilan Generator Magnetohidrodinamika Dinding Hantaran Diagonal Pada Kondisi Plasma Non-Uniformity", Jurnal Rekayasa, ISSN:1693-9816, pp.110-119, Vol.7, No.1, Juli 2010.
- [9] T. Hardianto, Muh Nurkoyim Kustanto, "Electromagnetic Field Effect on a MHD Generator", The 11th Seminar on Intelligent Technology and Its Applications, Robotic Building, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia, October 9, 2010.
- [10] T. Hardianto, "Analysis of a MHD Generator in Loading Condition", International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE) 2011, Department of Electrical Engineering and Information Technology, Faculty of Engineering Gadjah Mada University, Indonesia, Juli 8, 2011.
- [11] T. Hardianto, N. Sakamoto, and N. Harada, "Three-dimensional flow analysis in a Faraday Type MHD generator", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.44, No.4, pp. 1116-1123, July/August 2008.
- [12] Y. Megantara, M.W.A. Ghofur, O.O.C. Dewi, M.F.Akmal, B.H. Soelaiman, T. Hardianto, "Propulsi Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Ramah Lingkungan Pada Kapal", SEMINAR NASIONAL KIMIA 2013, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gajahmada, Yogyakarta, 18 Mei 2013.
- [13] Doss, E. D., H. K. Geyer and G. D. Roy Mhd Undersea Propulsiona Novel Concept With Renewed Interest.
- [14] Gabriel I. Fontand and Scott C. Dudley, 2004, Magnetohydrodynamic Propulsion for the Classroom. Vol 42.