



**RANCANG BANGUN MAGNETOHIDRODINAMIKA SEBAGAI ENERGI
PENGGERAK PADA KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN TIPE KANAL
*DIAGONAL CONDUCTING WALL***

SKRIPSI

Oleh

Nur Dwi Ratno

NIM 121910201076

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2016



**RANCANG BANGUN MAGNETOHIDRODINAMIKA SEBAGAI ENERGI
PENGGERAK PADA KAPAL DENGAN MENGGUNAKAN TIPE KANAL
*DIAGONAL CONDUCTING WALL***

SKRIPSI

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

Oleh

Nur Dwi Ratno

NIM 121910201076

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2016

PERSEMBAHAN

Dengan ini saya persembahkan skripsi kepada:

1. Allah SWT yang Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Kedua orang tua tercinta, Alm. Ayah Wijoto dan Ibu Susiowati atas kasih sayang, pengorbanan dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
3. Kakak Widya Mayasari yang telah memberikan semangat dan dorongan.
4. Febrinia Nur Amita terima kasih atas semangat dan doa yang telah diberikan.
5. Guru – guruku mulai SDN Simokerto 7 Surabaya, SDN Kedung Bendo 3 Sidoarjo, SMP Negeri 4 Sidoarjo dan MAN Sidoarjo. Terima kasih untuk ilmu dan pengalaman yang telah diajarkan selama ini.
6. Almamater Teknik Elektro Universitas Jember.

MOTTO

“Jika kamu kalah...itu bukanlah sebuah akhir, tapi jika kamu berhenti...itu adalah akhir.”

(Haruki Murakami)

“Cobalah tidak untuk menjadi seseorang yang sukses, tetapi menjadi seseorang yang bernilai.”

(Albert Einstein)

“Pekerjaan hebat tidak dilakukan dengan kekuatan, tapi dengan ketekunan dan kegigihan.”

(Samuel Jhonson)

“Jangan pernah takut pada kesempurnaan karena anda tidak akan pernah bias mencapainya”

(Salvador Dali)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama: Nur Dwi Ratno

NIM : 121910201076

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "Rancang Bangun Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak Pada Kapal Dengan Menggunakan Tipe Kanal *Diagonal Conducting Wall*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab penuh 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 pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 23 November 2016

Yang menyatakan,

Nur Dwi Ratno

NIM 121910201076

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN MAGNETOHIDRODINAMIKA
SEBAGAI PENGGERAK PADA KAPAL DENGAN
MENGUNAKAN TIPE KANAL *DIAGONAL CONDUCTING
WALL***

Oleh

Nur Dwi Ratno

NIM 121910201076

Pembimbing

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

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

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Rancang Bangun Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak Pada Kapal Dengan Menggunakan Tipe Kanal *Diagonal Conducting Wall*” karya Nur Dwi Ratno telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Rabu, 23 November 2016

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember.

Tim Penguji :

Ketua,

Anggota I,

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

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

Anggota II,

Anggota III,

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

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.
NIP 19710402 200312 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.
NIP 19610414 198902 1 001

Rancang Bangun Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak Pada Kapal Dengan Menggunakan Tipe Kanal Diagonal Conducting Wall

Nur Dwi Ratno

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Kelangkaan energi atau yang bisa disebut juga dengan krisis energi tidak dapat kita hindari. Terutama pada energi listrik yang masih menggunakan sumber energi dari minyak bumi. Hal ini sangat berpengaruh pada system perkapalan Indonesia yang masih menggunakan solar sebagai bahan bakarnya. Oleh karena itu, akan dibuat kapal magnetohidrodinamika yang menggunakan energi alternatif sebagai penggerak kapal dari sistem penggerak propeler. Kapal magnetohidrodinamika bergerak akibat timbulnya gaya Lorentz, dimana arus listrik yang dikirimkan berpotongan dengan medan magnet di dalam air laut (plasma). Oleh karena itu, dibutuhkan channel kapal sebagai tempat perpotongan medan magnet dengan arus listrik. Channel kapal yang digunakan adalah tipe Diagonal Conducting Wall dimana kedua elektrodanya dihubungkan secara diagonal. Jenis magnet yang digunakan adalah magnet Neodymium yang berdimensi 9cm x 2,2cm x 1,5cm. Terdapat empat kali pengujian dalam penelitian ini yaitu saat tegangan channel 15,21V; 17,37V; 19,14V; 21,23V; 24V. daya dorong terkecil terjadi pada saat tegangan channel 15,21V yaitu 22,875W, sedangkan daya dorong terbesar terjadi pada saat tegangan channel 24V yaitu 274,818W.

Kata kunci: *Magnetohidrodinamika, Diagonal Conducting Wall, gaya Lorentz, channel, magnet neodymium.*

Magnetohydrodynamic Design As Energy Ship Activator By Using Channel Type *Diagonal Conducting Wall*

Nur Dwi Ratno

*Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering,
University of Jember*

ABSTRACT

The scarcity of energy or it also called the energy crisis that cannot be avoided by us. Especially, in the electrical energy that still used energy source of petroleum. It is very influential in the Indonesian shipping system that still uses diesel as fuel. Therefore, it will be made Magnetohydrodynamic ships that use alternative energy as a driver ship from the activator propeller system. Magnetohydrodynamic ship moves because the effect of the Lorentz force, whereby an electric current is sent intersected with the magnetic field in sea water (plasma). Therefore, it takes a ship channel as the intersection point of the magnetic field by the electric current. Ship channel which used is the type of *Diagonal Conducting Wall* where both of electrodes are connected diagonally. Types of magnets used are Neodymium magnet with the dimension is 9cm x 2,2cm x 1.5 cm. There are four times of the test in this research that when the voltage of system channel 15,21V; 17,37V; 19,14V; 21,23V; 24V. The smallest thrust occurs when the strains canal 15,21V is 22,875W, while the biggest thrust occurs when the canal strains 24V is 274,818W.

Key word: *Magnetohydrodynamic, Diagonal Conducting Wall, Lorentz Force, Channel, Magnet Neodymium.*

RINGKASAN

Rancang Bangun Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak Pada Kapal Dengan Menggunakan Tipe Kanal *Diagonal Conducting Wall* ; Nur Dwi Ratno, 121910201076; 2016: 73 halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Energi mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia karena hampir semua aktivitas manusia membutuhkan energi. Seiring dengan menipisnya energi dan tingkat populasi manusia yang meningkat di tiap tahunnya, kelangkaan energi atau yang bisa disebut juga dengan krisis energi kini tidak bisa kita hindari. Seperti yang kita tahu bahwa Indonesia masih menggunakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui sebagai sumber energi utama. Pada tahun 2025, diperkirakan terjadi perubahan pemanfaatan sumber energi, yaitu batu bara (33%), gas bumi (30%), minyak bumi (21%), dan energi lain (17%). Saat ini, Sumber energi yang masih banyak digunakan masih didominasi minyak bumi. Berdasarkan pernyataan Iwan Munajat pada tahun 2012 bahwa kesadaran akan terjadi perubahan pemanfaatan sumber energi muncul karena cadangan minyak bumi semakin menipis dan akan habis suatu saat nanti. Mengatahui pernyataan tersebut bahwa sumber energi yang berupa minyak bumi semakin menipis dan akan cepat habis suatu saat nanti. Hal ini dapat membuat sistem perkapalan di Indonesia yang menggunakan bahan bakar solar sebagai penggerak kapal tentunya akan mengalami kesulitan. Oleh karena itu, perlu adanya suatu inovasi baru energi alternatif sebagai penggerak kapal dari sistem penggerak propeller yaitu dengan memanfaatkan Magnetohidrodinamika.

Magnetohidrodinamika dapat diartikan sebagai suatu penghantaran dan pergerakan suatu fluida secara elektrik di dalam suatu medan magnetik. Fluida yang dimaksud dapat berupa plasma, logam cair, atau air garam. Penelitian ini adalah merancang bangun *prototype* kapal magnetohidrodinamika. Dalam kapal magnetohidrodinamika terdapat *channel* kapal yang digunakan sebagai penggerak kapal. *Channel* kapal memanfaatkan gaya Lorentz dimana terjadi perpotongan antara medan magnet dengan arus listrik dan akan menimbulkan gaya

yang dapat menggerakkan kapal magnetohidrodinamika tersebut. Channel kapal yang digunakan bertipe *Diagonal Conducting Wall* dimana kedua elektroda dihubungkan secara diagonal. Ukuran channel kapal yang digunakan yaitu 9cm x 2,5cm x 3cm dengan magnet yang berdimensi 9cm x 2,2cm x 1,5cm.

Penelitian ini dilakukan beberapa pengujian yaitu pengujian sensor, pengujian PWM, pengujian modul SD Shield, pengujian LCD. Sistem pengujian kapal Magnetohidrodinamika dilakukan dengan menguji empat tegangan *channel* yang berbeda yaitu pada saat tegangan *channel* sebesar 15,21V; 17,37V; 19,14V; 21,23V; 24V. Media pengujian dilakukan pada lintasan yang ditempuh sepanjang 60cm dengan menggunakan media air laut yang diambil dari pantai Payangan Jember.

Dari hasil pengujian kapal magnetohidrodinamika dapat dikatakan bahwa tegangan dan arus berbanding lurus dengan daya dorong yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat pada saat pengujian tegangan *channel* sebesar 15,21V daya dorong yang dihasilkan sebesar 22,875W, sedangkan saat tegangan *channel* sebesar 24V daya dorong yang dihasilkan sebesar 274,818W.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak Pada Kapal Dengan Menggunakan Tipe Kanal *Diagonal Conducting Wall*”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu (S1) Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Selama penyusunan skripsi ini penulis mendapat bantuan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M., selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Triwahju Hardianto, ST., M.T., selaku dosen pembimbing utama dan bapak Dedy Kurnia Setiawan, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing anggota yang telah rela meluangkan waktu, pikiran serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M., selaku dosen penguji utama dan Bapak Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T., selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini.
4. Bapak H. Samsul Bachri M, S.T., M.MT., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa.
5. Bapak Agung Prawira Negara, S.T., M.T., selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif.
6. Kepada teknisi lab serta asisten lab yang telah memberikan arahan untuk proses perancangan alat pada penelitian ini serta penyusunan skripsi.
7. Kepada orang tua tercinta Alm. Bapak Wijoto dan Ibu Susiowati yang telah memberikan dukungan baik secara materi maupun moral dalam penyusunan skripsi ini.
8. Kakak Widya Mayasari yang telah menyemangati dalam penyusunan skripsi ini.

9. Febrinia Nur Amita yang telah meluangkan waktu untuk memberikan dukungan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
10. Teman-teman Haekal, Aditya, Randy, Yuda, Mahfud, Surya, Dony, Risky, Umam, Sulhan, Depri, Galih, Ardi, Hasbul, Irwan, Sofyan, Arif, Mawahib yang telah memberikan pengalaman hidup, berbagi cerita dan ilmu, serta dukungan tidak ada bosannya selama penyusunan skripsi.
11. Teman-teman seperjuangan , Nofan, Galuh, Sidiq, Dharma, Rifan, Afif, Gunawan, Firzon yang telah memberikan pengalaman hidup, berbagi cerita dan ilmu, serta dukungan tidak ada bosannya selama penyusunan skripsi.
12. Rekan-rekan Fakultas Teknik Universitas Jember khususnya rekan-rekan Teknik Elektro Angkatan 2012 SATE UJ yang tidak dapat disebutkan satu per satu, selama ini telah memberikan pengalaman hidup selama penulis menjadi keluarga Fakultas Teknik Universitas Jember.
13. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

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

Jember, 23 November 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
RINGKASAN	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
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.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Magnetohidrodinamika (MHD)	4
2.1.1 Prinsip Kerja MHD	4
2.2 Magnet.....	5
2.3 Medan Magnet.....	6
2.3.1 Kaidah Tangan Kanan	7
2.3.2 Kaidah Tangan Kiri	7
2.4 <i>Channel Diagonal Conducting Wall</i>	8
2.5 Magnet Neodymium.....	11
2.6 Baterai Lipo	13
2.7 <i>Data Logger</i>	15
2.8 <i>Memori Card Micro SD</i>	16
2.9 <i>LCD (Liquid Crystal Display)</i>	17
2.10 <i>Arduino MEGA2560</i>	19
2.11 Sensor	20
2.11.1 Sensor Arus	21
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Tempat Penelitian.....	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	23
3.4 Diagram Blok Sistem	25
3.5 Perancangan Sistem.....	26

3.5.1	Baterai	27
3.5.2	Channel Kapal	27
3.5.3	Rangkaian RTC	28
3.5.4	Rangkaian <i>Driver</i> Mosfet	28
3.5.5	Rangkaian Sensor Tegangan	29
3.5.6	Rangkaian Sensor Arus	29
3.5.7	Arduino	30
3.5.8	LCD	31
3.5.9	Mikro SD	31
3.6	Pemodelan Kapal	32
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Pengujian Modul	34
4.2	Pengujian Sensor Arus	34
4.3	Pengujian Sensor Tegangan	36
4.4	Pengujian PWM	37
4.5	Pengujian Modul SD Shield	39
4.6	Pengujian LCD	40
4.7	Analisis Kerapatan Medan Magnet terhadap Dimensi Magnet	41
4.8	Pengujian Kapal Megnetohidro	43
4.8.1	Pengujian Kapal Magnetohidrodinamika Berdasarkan Hukum Archimedes	43
4.8.2	Pengujian Kapal Magnetohidrodinamika Berdasarkan Daya Dorong ...	45
a.	Pengujian 1. Tegangan Channel 15,21V	45
b.	Pengujian 2. Tegangan Channel 17,37V	47
c.	Pengujian 3. Tegangan Channel 19,14V	48
d.	Pengujian 4. Tegangan Channel 21,23V	50
e.	Pengujian 5. Tegangan Channel 24V	51
BAB 5.	PENUTUP	55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	55
	DAFTAR PUSTAKA	56
	LAMPIRAN	58

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Gaya yang bekerja pada MHD	4
Gambar 2.2 Skema MHD.....	5
Gambar 2.3 Skema MHD 3D.....	5
Gambar 2.4 Kaidah Tangan Kanan	7
Gambar 2.5 Kaidah Tangan Kiri	8
Gambar 2.6 <i>Channel</i> Kapal.....	8
Gambar 2.7 Konfigurasi Akselerator MHD Dinding Hantaran <i>Diagonal</i>	9
Gambar 2.8 <i>Diagonal Conection</i>	9
Gambar 2.9 Struktur Kristal Magnet.....	11
Gambar 2.10 Magnet Neodymium.....	13
Gambar 2.11 Komponen Baterai	14
Gambar 2.12 Data <i>Logger</i>	16
Gambar 2.13 Konfigurasi Pin SD Adapter dan Micro SD.....	17
Gambar 2.14 LCD 16x2	19
Gambar 2.15 Modul Arduino MEGA2560	19
Gambar 2.16 Sensor Arus ACS712	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem	25
Gambar 3.3 Rangkaian Sistem Kapal Magnetohidrodinamika.....	26
Gambar 3.4 Baterai Lipo.....	27
Gambar 3.5 Rangkaian RTC	28
Gambar 3.6 Rangkaian Driver Mosfet	28
Gambar 3.7 Rangkaian Sensor Tegangan	29
Gambar 3.8 Rangkaian Sensor Arus	30
Gambar 3.9 Modul Arduino MEGA2560	30
Gambar 3.10 Rangkaian LCD 16x2.....	31
Gambar 3.11 Mikro SD.....	31
Gambar 3.12 Pemodelan Kapal Tampak Dari Atas	32
Gambar 3.13 Pemodelan Kapal Tampak Dari Bawah	32
Gambar 3.14 Pemodelan Kapal Tampak Dari Belakang	32
Gambar 3.15 Pemodelan Kapal Tampak Dari Samping	32
Gambar 3.16 Kapal Magnetohidrodinamika.....	33
Gambar 3.17 <i>Channel</i> Kapal	33
Gambar 4.1 Sensor Arus ACS712	34
Gambar 4.2 Grafik hubungan tegangan terhadap arus pada keluaran sensor arus ACS712-20A-T	35
Gambar 4.3 Grafik Pengujian Output PWM.....	38
Gambar 4.4 Rangkaian LCD.....	40
Gambar 4.5 Program LCD Pada Arduino 1.6.9	40
Gambar 4.6 Tampilan LCD.....	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Sifat Fisik Neodymium	12
Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Mega2560.....	20
Tabel 4.1 Pengujian kelinieran antara tegangan keluaran sensor arus ACS712-20A-T dengan arus	35
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712-20A-T.....	36
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Sensor Tegangan	36
Tabel 4.4 Kalibrasi Sensor Tegangan dengan Multimeter.....	37
Tabel 4.5 Pengujian output PWM.....	37
Tabel 4.6 Datasheet SD Shield	39
Tabel 4.7 Dimensi magnet dan kerapatan medan magnet.....	42
Tabel 4.8 Pengujian kapal dengan tegangan channel 15,21V	45
Tabel 4.9 Pengujian kapal dengan tegangan channel 17,37V	47
Tabel 4.10 Pengujian kapal dengan tegangan channel 19,14V.....	49
Tabel 4.11 Pengujian kapal dengan tegangan channel 21,23V	50
Tabel 4.12 Pengujian kapal dengan tegangan channel 23,94V	51
Tabel 4.13 Pengaruh tegangan dan arus terhadap waktu tempuh dan daya dorong	52

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia karena hampir semua aktivitas manusia membutuhkan energi. Seiring dengan menipisnya energi dan tingkat populasi manusia yang meningkat di tiap tahunnya, kelangkaan energi atau yang bisa disebut juga dengan krisis energi kini tidak bisa kita hindari. Seperti yang kita tahu bahwa Indonesia masih menggunakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui sebagai sumber energi utama. Saat ini, Sumber energi yang masih banyak digunakan masih didominasi minyak bumi. Penggunaan minyak bumi sebagai sumber energi pada tahun 2006 mencapai (53%), batu bara (22 %), gas bumi (21%), dan energi lainnya (4%). Pada tahun 2025, diperkirakan terjadi perubahan pemanfaatan sumber energi, yaitu batu bara (33%), gas bumi (30%), minyak bumi (21%), dan energi lain (17%). "Kesadaran ini muncul karena cadangan minyak bumi semakin menipis dan akan habis suatu saat nanti." (Iwan Munajat, 2012).

Mengatahui pernyataan tersebut bahwa sumber energi yang berupa minyak bumi semakin menipis dan akan cepat habis suatu saat nanti. Hal ini dapat membuat sistem perkapalan di Indonesia yang menggunakan bahan bakar solar sebagai penggerak kapal tentunya akan mengalami kesulitan. Oleh karena itu, perlu adanya suatu inovasi baru energi alternatif sebagai penggerak kapal dari sistem penggerak propeller. Umumnya persyaratan utama sebuah kapal laut yang baik adalah mesin yang kuat untuk memutar baling-baling besar sehingga kapal dapat bergerak maju. Akan tetapi dengan pemakaian kuat medan magnet maka peran baling-baling yang besar untuk mendorong laju kapal dapat digantikan. Jenis kapal laut ini telah dikembangkan dan dibuat di Jepang dengan menggunakan teknologi tenaga dorong magnet (*Magnetic Propulsion Technology*) dikenal dengan nama kapal magnetik. (Agung Prayudi, 2000).

Sistem penggerak medan magnet ini bisa disebut dengan Magnetohidrodinamika (MHD). MHD dapat diartikan sebagai penghantaran dan pergerakan suatu fluida secara elektrik di dalam suatu medan magnetik. Fluida yang

dimaksud dapat berupa plasma, logam cair, atau air garam. Keuntungan menggunakan MHD diantaranya yaitu konversi efisiensi menjadi sekitar 50%, konsumsi bahan bakar akan menjadi lebih sedikit, kemampuan untuk mencapai daya maksimum akan segera tercapai saat baru dimulai dan ukuran pembangkit dipertimbangkan lebih kecil dibandingkan dengan pembangkit daya yang konvensional. Biaya keseluruhan yang lebih rendah, tidak ada komponen yang berubah sehingga lebih handal. Dalam penelitian sebelumnya dengan judul “Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak (*Magnetic Propulsion*) Pada Kapal” (Dwi Saputera Adi, 2015) yang menggunakan *channel* tipe *Faraday* menyarankan untuk perubahan tipe *channel*, karena perubahan tipe *channel* sangat mempengaruhi arus dan daya dorong yang dihasilkan. Arus yang dihasilkan pada penelitian sebelumnya paling besar yaitu 9,3415 A dan menghasilkan daya dorong sebesar 170,946 W. Berdasarkan uraian tersebut akan dibuat sebuah penelitian dengan judul **“Rancang Bangun Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak Pada Kapal Dengan Menggunakan Tipe Kanal *Diagonal Conducting Wall*”**.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian masalah di atas, dapat dirumuskan permasalahan dalam penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana rancang bangun kapal dengan penggerak Magnetohidrodinamika dengan menggunakan tipe kanal *diagonal conducting wall*?
2. Bagaimana pengaruh tegangan dan arus terhadap kecepatan kapal?
3. Bagaimana kekuatan daya dorong yang dihasilkan oleh kapal Magnetohidrodinamika dengan tipe kanal *diagonal conducting wall*?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini agar sesuai dengan tujuan yang akan dicapai, penelitian ini dibatasi pada masalah :

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino.

2. Kapal dalam bentuk *prototype*.
3. Ukuran kanal sudah ditentukan yaitu dengan ukuran 9cm x 2,5cm x 3cm.
4. Panjang lintasan sudah ditentukan yaitu sepanjang 0,6m.
5. Ukuran magnet ditentukan yaitu dengan ukuran 9cm x 2,2cm x 1,5cm.
6. Kapasitas baterai maksimum sebesar 24V.
7. Air yang digunakan adalah air laut yang didapat dari pantai Payangan dan tidak menghitung jumlah kadar garamnya.

1.4. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengimplementasikan desain Magnetohidrodinamika sebagai energi penggerak pada kapal yang menggunakan tipe kanal *diagonal conducting wall*.
2. Menganalisis pengaruh tegangan dan arus terhadap kecepatan kapal.
3. Menganalisis kekuatan daya dorong yang dihasilkan kapal Magnetohidrodinamika yang menggunakan tipe kanal *diagonal conducting wall*.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

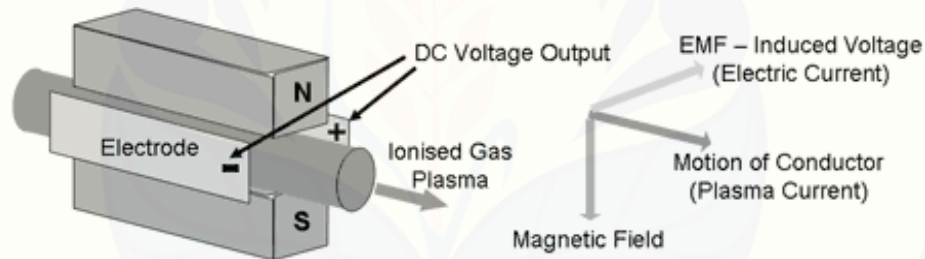
1. Kapal Magnetohidrodinamika dengan tipe kanal *Diagonal Conducting Wall* dalam sistem gerak kapal dapat mendukung pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi perkapalan.
2. Kapal Magnetohidrodinamika dapat menjadi sebuah konsep terobosan baru sebagai kapal masa depan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Magnetohidrodinamika (MHD)

Istilah *magnetohydrodynamic* terdiri dari kata “*magneto*” yang berarti “medan magnetik”, “*hydro*” yang berarti “cairan/fluida”, dan “*dynamic*” yang berarti “pergerakan”. MHD dapat diartikan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari pergerakan dinamis dari penghantar listrik fluida dengan pengaruh medan magnetik di sekelilingnya. Fluida yang dimaksud dapat berupa plasma, logam cair, atau air garam yang dapat menghantarkan listrik.

MHD pertama kali dipelajari oleh Faraday setelah mengetahui prinsip induksi elektromagnetik. Beliau mengetahui bahwa penghantaran yang biasanya dalam bentuk padat (besi), dapat dipakai juga untuk fluida. MHD memiliki hubungan langsung dengan dinamika-fluida dalam ilmu hidrodinamika dan elektromagnetik dalam ilmu elektrodinamika (Rosa R.J, 1963:4)



Gambar 2.1 Gaya yang bekerja pada MHD (Wikipedia, 2013)

2.1.1. Prinsip Kerja MHD

Bila suatu konduktor bergerak melalui medan magnet ini menciptakan medan listrik tegak lurus terhadap medan magnet dan arah pergerakan konduktor. Suatu pergerakan plasma mengalir melalui medan magnet menyebabkan tegangan yang akan dihasilkan dan arus yang terkait mengalir di seluruh plasma, tegak lurus ke aliran plasma dan medan magnet menurut aturan Kaidah Tangan Kanan dan kaidah tangan kiri Fleming. Hukum Lorentz menggambarkan efek dari partikel .

Untuk gaya Lorentz yang ditimbulkan oleh arus listrik, I , dalam suatu medan magnet (B), rumusnya akan terlihat sebagai berikut (lihat arah gaya dalam kaidah tangan kanan) :

$$F = B.I.L \dots\dots\dots (1)$$

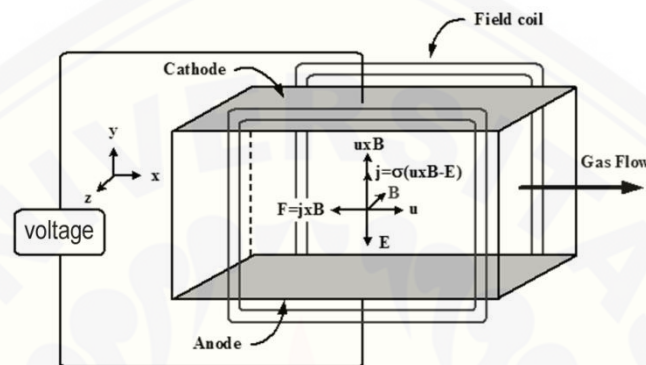
dimana :

F = Gaya yang diukur dalam unit satuan newton

B = medan magnet dalam satuan tesla

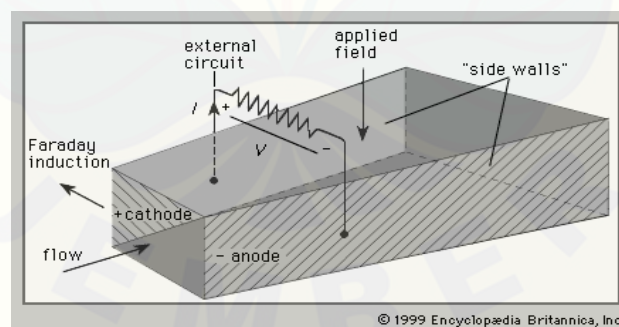
I = arus listrik dalam ampere

L = panjang *channel* satuan meter.



Gambar 2.2 Skema MHD (Yudha, 2013)

Seperti yang terlihat pada gambar bahwa sebuah plasma mengalir pada *channel* yang dikelilinginya terdapat sebuah kumparan yang menghasilkan medan magnet sehingga memberikan gaya pada kapal nantinya.



Gambar 2.3 Skema MHD 3D (Yudha, 2013)

2.2. Magnet

Magnet atau magnit adalah suatu obyek yang mempunyai suatu medan magnet. Kata magnet (magnit) berasal dari bahasa Yunani *magnítis líthos* yang berarti batu Magnesian. Magnesia adalah nama sebuah wilayah di Yunani pada

masa lalu yang kini bernama Manisa (sekarang berada di wilayah Turki) di mana terkandung batu magnet yang ditemukan sejak zaman dulu di wilayah tersebut.

Pada saat ini, suatu magnet adalah suatu materi yang mempunyai suatu medan magnet. Materi tersebut bisa dalam berwujud magnet tetap atau magnet tidak tetap. Magnet yang sekarang ini ada hampir semuanya adalah magnet buatan.

Magnet selalu memiliki dua kutub yaitu: kutub utara (*north/ N*) dan kutub selatan (*south/ S*). Walaupun magnet itu dipotong-potong, potongan magnet kecil tersebut akan tetap memiliki dua kutub.

Magnet dapat menarik benda lain. Beberapa benda bahkan tertarik lebih kuat dari yang lain, yaitu bahan logam. Namun tidak semua logam mempunyai daya tarik yang sama terhadap magnet. Besi dan baja adalah dua contoh materi yang mempunyai daya tarik yang tinggi oleh magnet. Sedangkan oksigen cair adalah contoh materi yang mempunyai daya tarik yang rendah oleh magnet.

Satuan intensitas magnet menurut sistem metrik pada Satuan Internasional (SI) adalah Tesla dan SI unit untuk total fluks magnetik adalah weber. $1 \text{ weber/m}^2 = 1 \text{ Tesla}$, yang memengaruhi satu meter persegi.

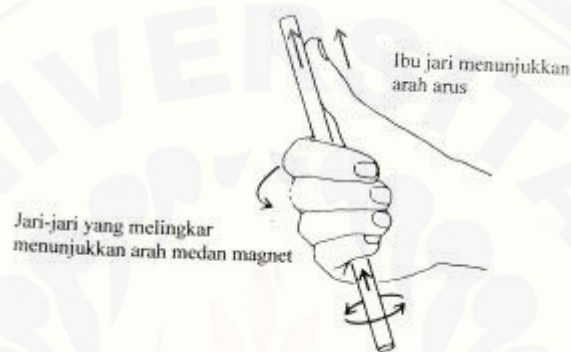
2.3. Medan Magnet

Medan magnet adalah daerah yang ada disekitar magnet dimana objek-objek magnetik lain dapat terpengaruh oleh gaya magnetismenya. Benda magnetik selalu mencoba untuk mengarahkan diri selaras dengan pengaruh medan magnet disekitarnya. Makin kuat daya magnetisme yang dimiliki oleh benda, maka makin luas pula cakupan medan magnetnya.

Keberadaan magnet dapat dilihat dari perubahan kedudukan kedudukan serbuk besi sebagai mana percobaan *Oersted*. Yang kemudian digambarkan dengan kaidah tangan kanan. Medan magnetik juga terjadi disekitar kawat yang berarus listrik seperti dalam percobaan *Oersted*. Akibat pengaruh magnetik terhadap benda lain dinamakan induksi magnetik. Misal kawat lurus beraliran listrik mengalirkan medan magnet yang kuat. Adapun pengaruh kuat medan magnet akibat adanya arus listrik dan menghasilkan gaya dorong dinyatakan dengan kaidah tangan kiri.

2.3.1. Kaidah Tangan Kanan

Untuk menentukan hubungan antara arus yang mengalir di dalam konduktor dengan arah medan magnet, digunakan **kaidah tangan kanan** (*right-hand rule*). Kaidah tangan kanan dapat diperagakan seolah-olah telapak tangan kanan memegang konduktor berarus dengan ibu jari yang ditegakkan menunjukkan arah arus. Maka arah keempat jari yang menggenggam konduktor itu menunjukkan arah medan magnet.



Gambar 2.4 Kaidah tangan kanan (Mulyono, 2009)

Sesuai dengan hasil percobaan *Oersted*, bila sebuah kumparan dialiri arus, pada inti kumparan itu timbul medan magnet. Semakin besar arus yang mengalir, semakin kuat medan magnetnya. Bila inti kumparan diisi dengan bahan ferromagnetik, kerapatan fluks semakin besar. Arah medan magnet ditentukan dengan **kaidah tangan kanan** (*right-hand rule*).

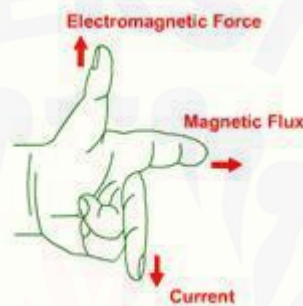
Semakin besar arus yang mengalir di dalam suatu kumparan, semakin besar kuat medannya. Begitu juga semakin banyak lilitan kawatnya, semakin banyak dihasilkan garis gaya magnet. Perkalian antara kuat arus dan jumlah lilitan disebut dengan *ampere-turns* (ampere-lilitan), dikenal dengan istilah *magnetomotive force* (mmf) atau gaya gerak magnet (ggm).

2.3.2. Kaidah Tangan Kiri

Kaidah tangan kiri *Fleming* atau aturan tangan Kiri *Fleming* adalah sebuah kaidah untuk menentukan arah gaya elektromagnetik / putaran kumparan pada

sebuah motor listrik. Kaidah tangan kiri *Fleming* ini diciptakan oleh John Ambrose *Fleming*, seorang fisikawan Inggris pada akhir abad ke-19.

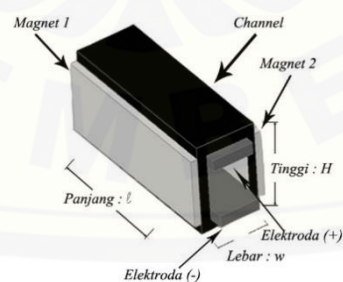
Kaidah tangan kanan *Fleming* digunakan untuk meramalkan arah putaran kumparan pada sebuah motor listrik. Caranya adalah dengan merengangkan ibu jari, telunjuk dan jari tengah tangan kiri secara tegak lurus antara satu sama lain. Jari telunjuk diumpamakan sebagai arah medan magnet, jari tengah menunjukkan arah arus, ibu jari menunjuk kearah mana kumparan akan berputar / gaya elektromagnetik.



Gambar 2.5 Kaidah tangan kiri (Mulyono, 2009)

2.4. Channel Diagonal Conducting Wall

Channel ini merupakan wadah dari kapal MHD yang menjadi tempat dimana gaya Lorentz akan bekerja sehingga kapal dapat melaju. Gambar *channel* kapal adalah sebagai berikut :



Gambar 2.6 Channel Kapal (Yudha, 2013)

Channel MHD dibangun dengan elektroda dan permukaan isolasi, permukaan elektroda-elektroda terdapat pada dua dinding yang berlawanan dari

channel, dinding isolasi membentuk dinding lain *channel* dan berfungsi untuk mengisolasi listrik dari permukaan elektroda. Dalam kerjanya, *channel* MHD dikondisikan dengan adanya medan magnetik yang arah medannya diarahkan tegak lurus dengan permukaan elektroda.

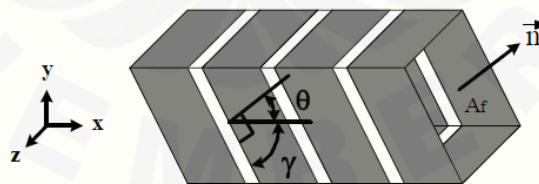
Dalam *channel* MHD, dua buah magnet ditempatkan di sisi horizontal (kanan – kiri) sehingga timbul medan magnetik secara horizontal pula (kanan ke kiri), lalu sebuah plat tembaga ditempatkan di bagian atas dan bawah *channel* sehingga jika disambungkan dengan sumber DC maka akan mengalir arus secara vertikal dari bagian atas ke bawah. 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.

Diagonal Conducting Wall (Dinding Hantaran Diagonal) merupakan *channel* dengan posisi elektroda-elektrodanya yang saling berhadapan akan tetapi membentuk sudut antara tinggi dinding *channel* isolasi dengan panjang elektrodanya. Kondisi untuk dinding hantaran diagonal adalah :

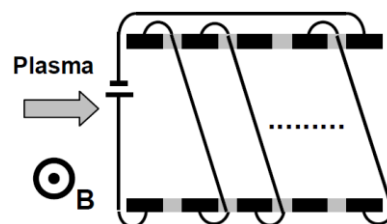
$$\frac{E_y}{E_x} = \tan \theta = \varphi \dots (2)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

dimana $\gamma = (\pi/2) - \theta$ adalah sudut antara dinding sisi hantaran diagonal, θ adalah sudut medan listrik dan φ adalah arah medan listrik seperti ditunjukkan pada gambar 2.7 dan Diagonal connection pada gambar 2.8.



Gambar 2.7 Konfigurasi Akselerator MHD dinding hantaran diagonal (Triwahju, 2009)



Gambar 2.8 *Diagonal connection* (Nobuomi, 2006)

Arus beban dalam akselerator diagonal tersebut adalah

$$I = j \cdot n A_f = (j_x + \tan \theta j_y) A = (j_x + \varphi j_y) A \dots (3)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

dimana A_f adalah luas kemiringan (*slanted*) terlingkup oleh rangka elektroda dan n adalah arah normal dari A_f .

Kerapatan daya listrik dari sebuah *channel* dapat diketahui melalui persamaan berikut:

$$P = j \cdot E = \frac{1}{A_f} \sqrt{E_x^2 + \varphi^2 E_y^2} = \frac{IE_x}{A_f} \sqrt{1 + \varphi^2} = \frac{IE_x}{A} \dots (4)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

di mana :

P = Kerapatan daya listrik *channel*

j = Kerapatan arus listrik

E = Kerapatan Medan listrik

Daya dorong dari komponen Gaya Lorentz pada setiap bagian di definisikan dengan :

$$P_p = u \cdot (j_x B)_x = u j_y B \dots (5)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

di mana :

P_p = Daya dorong komponen Lorentz

u = Kecepatan

j = Kerapatan arus listrik

B = Kerapatan Medan magnet

Daya dorong didapatkan dengan perumusan sebagai berikut:

$$P_d = \frac{j \cdot j}{\Sigma} + j_y u B \Delta = P - P_p \dots (6)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

di mana :

P_d = Daya dorong

P = Kerapatan daya listrik *channel*

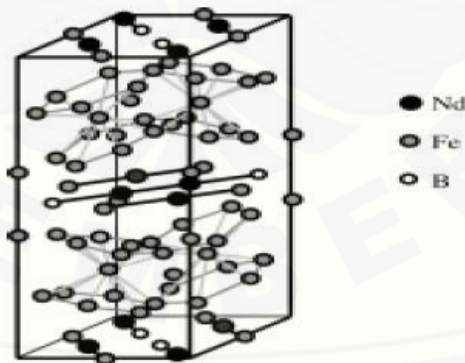
P_p = Daya dorong komponen Lorentz

2.5. Magnet Neodymium

Pada tahun 1980 ditemukan magnet *Neodymium Iron Boron* (NdFeB) dengan kekuatan yang tinggi, dan mulai dikomersilkan sejak November 1984. NdFeB adalah material magnetik jenis permanen *rare earth* (tanah jarang), karena terbentuk oleh 2 atom dari suatu unsur tanah jarang *neodymium* (Nd), 14 atom besi (Fe) dan 1 atom boron (B), sehingga rumus molekul yang terbentuk adalah Nd₂Fe₁₄B.

Karakteristik magnet yang dimiliki NdFeB lebih baik bila dibandingkan dengan magnet permanen lainnya, seperti Ferit, *Alnico* dan *Samarium Cobalt*. BHmax yang dimiliki dapat berkisar antara 30 MGOe sampai dengan 52 MGOe. Karena memiliki karakteristik magnet yang tinggi, maka dalam aplikasinya magnet NdFeB memiliki dimensi dan volume yang kecil. Dalam beberapa aplikasi, magnet ini juga dapat menggantikan penggunaan magnet *Samarium Cobalt*, khususnya penggunaan pada suhu kurang dari 80° C. (Irasari & Idayanti, 2007).

Neodymium Iron Boron (NdFeB) merupakan bahan magnet permanen yang memiliki medan anisotropi dan energi produk yang sangat tinggi. Susunan atom-atom NdFeB berbentuk struktur ferromagnetik tetragonal diperlihatkan pada Gambar 2.9 sebagai berikut.



Gambar 2.9 Struktur Kristal Magnet (Novriati & Dedi, 2006)

Sel satuan NdFeB memiliki struktur kristal tetragonal yang kompleks. Terdiri dari 68 atom. Ada 6 atom besi pada sisi yang berbeda, 2 atom neodymium pada posisi yang berbeda dan 1 sisi atom boron. Semua atom Nd dan B bersama

dengan 4 atom Fe akan membentuk jaring heksagonal. Setiap atom boron menempati tengah prisma tetragonal, yang dibentuk oleh 3 atom oksigen diatas dan dibawah bidang. Pada setiap lapisan bidang Fe pada atas dan bawah bidang terdapat Nd dan B yang dapat menstabilkan struktur ini. Berikut ini adalah tabel sifat fisik magnet neodmium.

Tabel 2.1 Sifat Fisik Neodymium (Novriati dan Dedi, 2006)

<i>Curie Temperature</i> (°C)	310 - 370
<i>Maximum Operating Temperature</i> (°C)	80 - 200
<i>Resistivity</i> (μ ohm.cm)	160
<i>Hardness</i> (Hv)	560 - 580
<i>Density</i> (g/cm ³)	7.40
<i>Relative Recoil Permeability</i> (μ_{rec})	1.05
<i>Saturation Field Strength</i> , kOe (kA/m)	30 – 40 (2400 – 3200)
<i>Temperature Coefficient of Br</i> (%/°C)	-0.12 ~ -0.10
<i>Temperature Coefficient of iHc</i> (%/°C)	-0.6

Magnet NdFeB mudah didemagnetisasi pada temperatur tinggi, ini artinya mudah hilang sifat kemagnetannya pada temperatur tinggi. Sifat kemagnetannya akan turun pada temperatur tinggi, tetapi akan meningkat pada temperatur rendah. Pada tabel 2.1 dapat dilihat bahwa temperatur operasi adalah antara 80° C sampai 200° C. Beberapa cara yang dapat mempengaruhi agar magnet ini dapat digunakan pada temperatur tinggi yaitu bentuk geometri. Magnet dengan bentuk yang lebih tipis akan lebih mudah didegmanetisasi dibandingkan dengan magnet dengan bentuk yang lebih tebal. Bentuk magnet piring datar dan yokes lebih direkomendasikan untuk digunakan pada temperatur tinggi.

Neodymium adalah magnet yang mudah terkorosi, untuk itu dalam penggunaannya selalu dilakukan *coating* / pelapisan dngan nikel, tembaga dan seng untuk meningkatkan ketahanan korosinya.



Gambar 2.10 Magnet Neodymium (Wikipedia, 2009)

Dalam penelitian kali ini magnet neodymium yang digunakan memiliki panjang 3 cm, lebar 2,2 cm, dan tebal 0.5 cm dengan grade N38. Medan magnetik pada dua buah magnet balok yang sering dilambangkan dengan B, dapat dihitung dengan persamaan

$$B = \frac{Br}{\pi} \left[\tan^{-1} \left(\frac{p.l}{2.x_1 \sqrt{4+l^2+p^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{p.l}{2(x_1+t) \sqrt{4(x_1+t)^2+l^2+p^2}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{p.l}{2x_2 \sqrt{4x_2^2+l^2+p^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{p.l}{2(x_2+t) \sqrt{4(x_2+t)^2+l^2+p^2}} \right) \right] \dots\dots (7)$$

Sumber : <http://www.magneticsolutions.com.au/>

Dimana :

B = Medan magnet (Gauss)

Br = Magnet sisa (Gauss)

p = Panjang magnet (cm)

l = lebar magnet (cm)

t = ketebalan magnet (cm)

X1 = jarak medan magnet dengan magnet A (cm)

X2 = jarak medan magnet dengan magnet B (cm)

2.6. Baterai Lipo

Baterai adalah alat listrik-kimiawi yang menyimpan energi dan mengeluarkan tenaganya dalam bentuk listrik. Sebuah baterai biasanya terdiri dari tiga komponen penting, yaitu:

1. Batang karbon sebagai anode (kutub positif baterai)
2. Seng (Zn) sebagai katode (kutub negatif baterai)
3. Pasta sebagai elektrolit (penghantar)



Gambar 2.11 Komponen Baterai
(kusumandarutp.blogspot.com)

Baterai yang biasa dijual (*disposable*/sekali pakai) mempunyai tegangan listrik 1,5 volt. Baterai ada yang berbentuk tabung atau kotak. Ada juga yang dinamakan *rechargeable battery*, yaitu baterai yang dapat diisi ulang, seperti yang biasa terdapat pada telepon genggam. Baterai sekali pakai disebut juga dengan baterai primer, sedangkan baterai isi ulang disebut dengan baterai sekunder.

Baik baterai primer maupun baterai sekunder, kedua-duanya bersifat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai primer hanya bisa dipakai sekali, karena menggunakan reaksi kimia yang bersifat tidak bisa dibalik (*irreversible reaction*). Sedangkan baterai sekunder dapat diisi ulang karena reaksi kimianya bersifat bisa dibalik (*reversible reaction*).

Di dalam baterai ada beberapa sel listrik, dan sel listrik tersebut menjadi tempat menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia. Elektroda-elektroda yang tersimpan di dalam baterai ada yang negatif ada pula yang positif. Elektroda negatif disebut katoda, yang memiliki fungsi sebagai pemberi elektron. Sedangkan elektroda positif, disebut anoda yang berfungsi sebagai penerima elektron.

Ada aliran arus listrik yang mengalir dari kutub positif (anoda) ke kutub negatif (katoda). Sedangkan elektron akan mengalir dari kutub negatif menuju kutub positif. Di dalam baterai sendiri, terjadi sebuah reaksi kimia yang menghasilkan elektron. Kecepatan dari proses ini (elektron, sebagai hasil dari elektrokimia) mengontrol seberapa banyak elektron dapat mengalir diantara kedua kutub. Elektron mengalir dari baterai ke kabel dan tentunya bergerak dari kutub negatif ke kutub positif tempat dimana reaksi kimia tersebut sedang berlangsung. Hal ini menjadi alasan mengapa baterai bisa bertahan selama satu tahun dan masih memiliki sedikit power, selama tidak terjadi reaksi kimia atau selama kita tidak menghubungkannya dengan kabel atau sejenis beban lain. Seketika kita menghubungkannya dengan kabel maka reaksi kimia pun dimulai.

Untuk menghasilkan arus listrik, maka anoda dan katoda terbuat dari bahan yang dapat bereaksi dengan bahan elektrolitnya. Saat anoda dan elektrolit bereaksi, terbentuklah satu senyawa baru yang menyisakan satu elektron. Sebaliknya, reaksi antara katoda dan elektrolit membutuhkan satu elektron. Jadilah sisa elektron dari reaksi anoda dan elektrolit tadi dikirimkan ke katoda agar katoda dapat bereaksi dengan elektrolit. Perpindahan elektron inilah yang dapat menimbulkan aliran listrik dari sebuah baterai.

2.7. Data Logger

Data *Logger* menyimpan data teknis dan sensor. Sebuah data *logger* (juga data *logger* atau data *recorder*) adalah perangkat elektronik yang mencatat data dari waktu ke waktu atau dalam kaitannya dengan lokasi baik dengan *built in instrument* atau sensor atau melalui instrumen eksternal dan sensor. Namun tidak sepenuhnya data *logger* didasarkan pada prosesor digital (atau komputer). Data *logger* umumnya adalah kecil, bertenaga baterai, portabel, dan dilengkapi dengan mikroprosesor, memori internal untuk penyimpanan data, dan sensor. Beberapa data *logger* antarmuka dengan komputer pribadi dan memanfaatkan perangkat lunak untuk mengaktifkan data *logger* dan melihat serta menganalisis data yang dikumpulkan, sementara yang lain memiliki perangkat antarmuka lokal (*keypad*, LCD) dan dapat digunakan sebagai perangkat yang berdiri sendiri.



Gambar 2.12 Data *Logger*
(www.ladyada.net)

Data *logger* bervariasi antara jenis tujuan umum untuk berbagai aplikasi pengukuran untuk perangkat yang sangat spesifik untuk mengukur dalam satu lingkungan atau jenis aplikasi saja. Hal ini umum untuk jenis tujuan umum harus diprogram, namun masih banyak sebagai mesin statis dengan hanya sejumlah terbatas atau tidak ada parameter berubah. Data *logger* elektronik telah menggantikan perekam grafik dalam banyak aplikasi. Salah satu manfaat utama menggunakan data *logger* adalah kemampuan untuk secara otomatis mengumpulkan data pada basis 24 jam. Setelah aktivasi, data *logger* biasanya digunakan dan ditinggalkan untuk mengukur dan merekam informasi selama periode pemantauan. Hal ini memungkinkan untuk gambar, komperhensif akurat dari kondisi lingkungan yang dipantau.

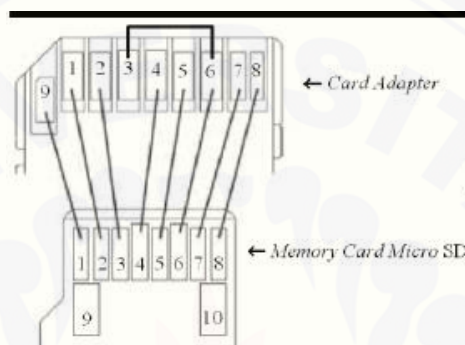
2.8. Memory Card Micro SD

SD Card adalah kartu memori yang dikembangkan oleh SD *Card Association* yang digunakan dalam perangkat portabel. Saat ini, teknologi SD *Card* sudah digunakan oleh lebih dari 400 merk produk serta dianggap sebagai standar industri *de-facto*.

Keluarga SD *Card* yang lain terbagi menjadi SDSC yang kapasitas maksimum resminya sekitar 2GB, meskipun beberapa ada yang sampai 4GB. SDHC (*High Capacity*) memiliki kapasitas dari 4GB sampai 32GB. Dan SDXC (*Extended Capacity*) kapasitasnya di atas 32GB hingga maksimum 2TB.

Keberagaman kapasitas seringkali membuat kebingungan karean masing-masing protokol komunikasi sedikit berbeda.

Pada pembuatan alat dalam penelitian ini, digunakan *memory card* micro SD dengan menggunakan sebuah adapter, maka akan dijelaskan konfigurasi pin untuk adapter dan pin *memory card* micro SD yang digunakan. Konfigurasi pin SD Adapter dan *Memory Card* Micro SD dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2.13 Konfigurasi pin SD adapter dan Micro SD

Di dalam adapter terdapat suatu mekanisme tertentu memuat 8 pin pada *memory card* micro SD dihubungkan dengan pin pada adapter. Koneksi yang terjadi ditunjukkan dengan garis lurus pada gambar. Dalam kondisi apapun, pin 3 dan pin 6 pada adapter selalu terhubung. Kedua pin tersebut adalah pin untuk *ground*.

2.9. LCD (Liquid Crystal Display)

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya alal-alat elektronik seperti televisi, kalkulator, atau pun layar komputer. Pada postingan aplikasi LCD yang digunakan ialah LCD dot matrik dengan jumlah karakter 2 x 16. LCD sangat berfungsi sebagai penampil yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan status kerja alat. Memori yang digunakan mikrokontroler internal LCD adalah :

1. DDRAM (*Display Data Random Access Memory*) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
2. CGRAM (*Character Generator Random Access Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.
3. CGROM (*Character Generator Read Only Memory*) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (*Liquid Cristal Display*) tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

Register *control* yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah.

1. Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD (*Liquid Cristal Display*) pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dibaca pada saat pembacaan data.
2. Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau ke DDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut ke DDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur *input* dan kontrol dalam suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) diantaranya adalah :

1. Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
2. Pin RS (*Register Select*) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika *low* menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika *high* menunjukkan data.
3. Pin R/W (*Read Write*) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika *low* tulis data, sedangkan *high* baca data.
4. Pin E (*Enable*) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.

5. Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 Kohm, jika tidak digunakan dihubungkan ke *ground*, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt.



Gambar 2.14 LCD 16x2
(www.grobotronics.com)

2.10. Arduino MEGA2560

Arduino MEGA2560 merupakan sebuah *board* mikrokontroler berbasis ATmega2560. Modul ini memiliki 54 digital *input/output* dimana 14 digunakan untuk PWM *output* dan 16 digunakan sebagai analog input, 4 port serial, 16 MHz osilator Kristal, koneksi USB, *power jack*, ICISP *Header*, dan tombol *reset*. Memiliki *flash memory* sebesar 256KB sangat cukup untuk menampung program yang banyak. Gambar 2.11 berikut ini adalah modul Arduino MEGA2560.



Gambar 2.15 Modul Arduino MEGA2560
(www.arduino.com)

Arduino MEGA2560 tidak memerlukan *flash* program external karena di dalam chip mikrokontroler Arduino telah diisi dengan *bootloader* yang membuat proses *upload* program yang kita buat menjadi lebih sederhana dan cepat. Untuk koneksi dengan komputer sudah tersedia RS232 to TTL *converter* atau menggunakan chip USB ke serial *converter* seperti FTDI FT232.

Berikut ini adalah tabel spesifikasi dari Arduino MEGA2560 yang dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini.

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Mega2560 (www.arduino.com)

<i>Microcontroller</i>	ATmega2560
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (limit)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	54 (of which 15 provide PWM output)
<i>Analog Input Pins</i>	16
<i>DC Current per I/O Pin</i>	20 mA
<i>DC Current for 3.3V Pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	256 KB of which 8 KB used by bootloader
<i>SRAM</i>	8 KB
<i>EEPROM</i>	4 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>Length</i>	101.52 mm
<i>Width</i>	53.3 mm
<i>Weight</i>	37g

2.11. Sensor

Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk merubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisis dengan rangkaian listrik tertentu. Hampir seluruh peralatan elektronik yang ada mempunyai sensor didalamnya. Pada saat ini, sensor tersebut telah dibuat dengan ukuran sangat kecil. Ukuran yang sangat kecil ini sangat memudahkan pemakaian dan menghemat energi. Sensor merupakan bagian dari *transducer* yang berfungsi untuk melakukan sensing atau “merasakan dan menangkap” adanya perubahan energi eksternal yang akan masuk ke bagian *input* dari *transducer*, sehingga perubahan kapasitas energi yang

ditangkap segera dikirim kepada bagian konverter dari *transducer* untuk dirubah menjadi energi listrik.

2.11.1. Sensor Arus

Sensor arus merupakan modul sensor untuk mendeteksi besar arus yang mengalir lewat terminal block menggunakan current sensor chip ACS712-20 yang memanfaatkan efek *Hall*. Efek *Hall* adalah fenomena fisika dimana aliran listrik / elektron dalam pelat konduktor terpengaruh oleh paparan medan magnet.

Besar arus maksimum yang dapat dideteksi sebesar 20A di mana tegangan pada pin keluaran akan berubah secara linear mulai dari 2,5 Volt ($\frac{1}{2} \times VCC$, tegangan catu daya $VCC = 5V$) untuk kondisi tidak ada arus hingga 4,5V pada arus sebesar +20A atau 0,5V pada arus sebesar -20A (positif/negatif tergantung polaritas, nilai di bawah 0,5V atau di atas 4,5V dapat dianggap lebih dari batas maksimum). Perubahan tingkat tegangan berkorelasi linear terhadap besar arus sebesar 100 mV / Ampere.



Gambar 2.16 Sensor Arus ACS712

(www.vcc2gnd.com)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat Penelitian

Penelitian “Rancang Bangun Magnetohidrodinamika (MHD) Sebagai energi Penggerak (Magnetic Propulsion) Pada Kapal Dengan Menggunakan *Channel Tipe Diagonal Conducting Wall*” dilaksanakan di Laboratorium Dasar Konversi Energi, Kampus Fakultas Teknik, Universitas Jember di Jl. Slamet Riyadi no.62 Patrang, Jember.

3.2. Alat dan Bahan

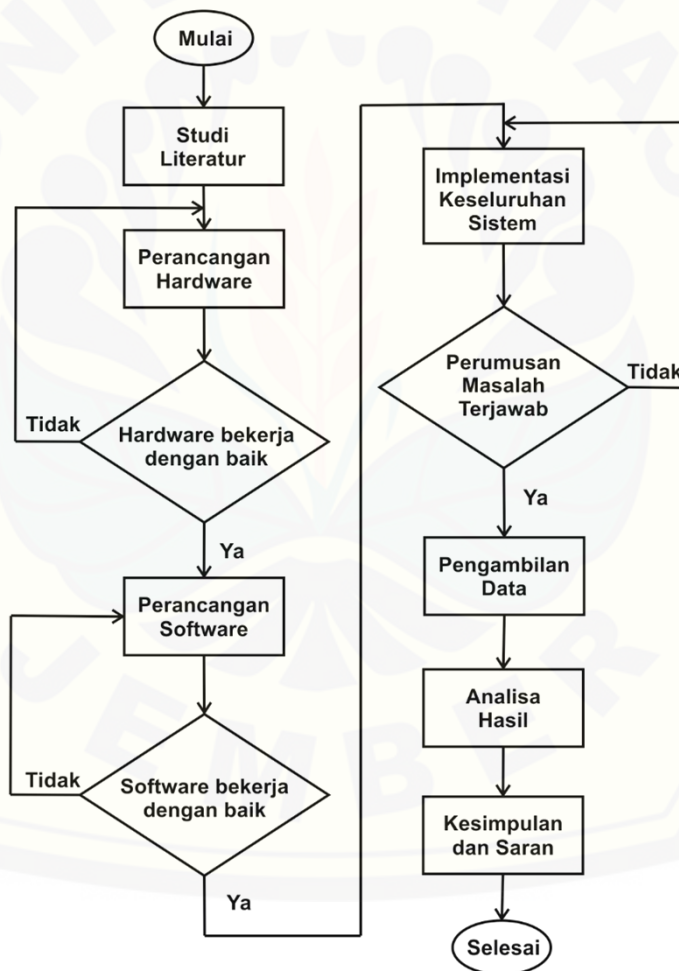
Adapun alat dan bahan yang diperlukan adalah :

1. Akrilik
2. Magnet Neodymium
3. Alumunium
4. Kabel
5. Baterai 12V 2 buah
6. Arduino Mega2560
7. Sensor Arus
8. Sensor Tegangan
9. PCB
10. Data Logger
11. Micro SD Card
12. Potensiometer
13. Penjapit buaya
14. Cutter
15. Lem Aquarium
16. Gergaji Besi

17. Penggaris
18. Spidol
19. Amplas
20. Solder
21. Avometer

3.3. Diagram Alir Penelitian

Untuk melakukan penelitian ini terdapat tahap-tahap yang disusun dalam diagram alir penelitian, berikut diagram alir penelitian :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam pembuatan rancang bangun magnetohidrodinamika (MHD) sebagai energi penggerak (*Magnetic Propulsion*) pada kapal dengan menggunakan *Channel* tipe *Diagonal Conducting Wall* ini dibutuhkan langkah-langkah penelitian sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Tahap awal dari penelitian ini mencari dan mempelajari literatur tentang MHD dari hasil penelitian sebelumnya, buku maupun internet untuk mengetahui karakteristik tiap-tiap komponen, prinsip kerja, serta teori yang menunjang lainnya. Diharapkan dengan literatur yang didapat bisa memberikan arahan untuk mengurangi kesalahan dalam penelitian.

2. Perancangan dan Pembuatan *Hardware*

Dalam perancangan dan pembuatan alat pada penelitian ini terdiri dari :

- a. Perancangan Skematik

Adalah tahap mendesain skema atau gambar *layout* desain *body* kapal, MHD, rangkaian PCB untuk rangkaian LCD, Data *Logger*, Baterai, Sensor Arus dan Sensor Tegangan.

- b. Pembuatan *Hardware*

Tahap ini adalah membuat model kapal MHD dari *body* kapal, channel MHD, pemasangan magnet pada MHD, penyablonan rangkaian hingga penyolderan komponen-komponen ke PCB dan kemudian dilakukan pengujian.

3. Perancangan *Software*

Software yang diperlukan berupa program yang *download* ke Arduino MEGA2560, antara lain program yang akan dijalankan untuk menampilkan hasil dari pembacaan sensor arus dan tegangan ke LCD dan program untuk data *logger* dimana data tersebut disimpan ke dalam mikro SD.

4. Implementasi Keseluruhan Sistem

Setelah *hardware* dan *software* yang telah diuji bekerja dengan baik maka selanjutnya adalah menggabungkan keduanya menjadi sebuah sistem untuk mengetahui kinerja alat apakah sesuai dengan rumusan masalah atau belum. Pengujian dilakukan pada masing-masing blok dan kemudian keseluruhan sistem.

5. Analisis dan Pengambilan Data

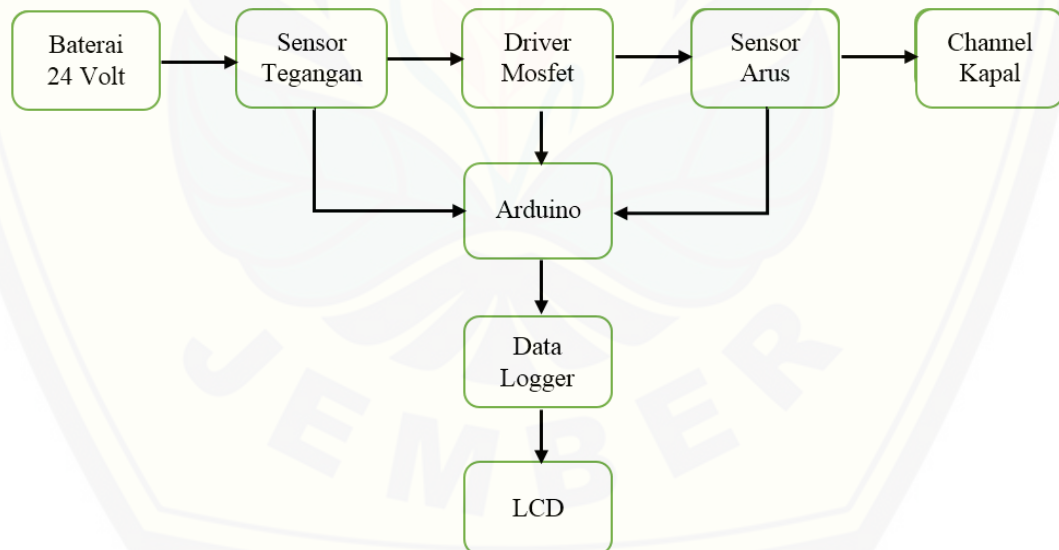
Setelah melakukan pengujian keseluruhan sistem bekerja dengan baik dan hasilnya memenuhi target, maka yang dilakukan selanjutnya adalah pengambilan data tegangan, arus, kuat medan, daya dorong dan kecepatan yang diperlukan dan kemudian dianalisis data yang telah didapatkan.

6. Penyusunan Laporan

Pada tahap akhir ini, hasil pengambilan data dan analisis dimasukkan ke pembahasan. Kemudian, dapat ditarik beberapa kesimpulan yang menyangkut kinerja dari alat yang dibuat dan memberikan saran yang dimaksudkan untuk memperbaiki kekurangan yang ada, kemungkinan pengembangan, serta penyempurnaan alat di masa mendatang.

3.4. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem yang digunakan dalam penelitian ini disusun sebagai berikut :



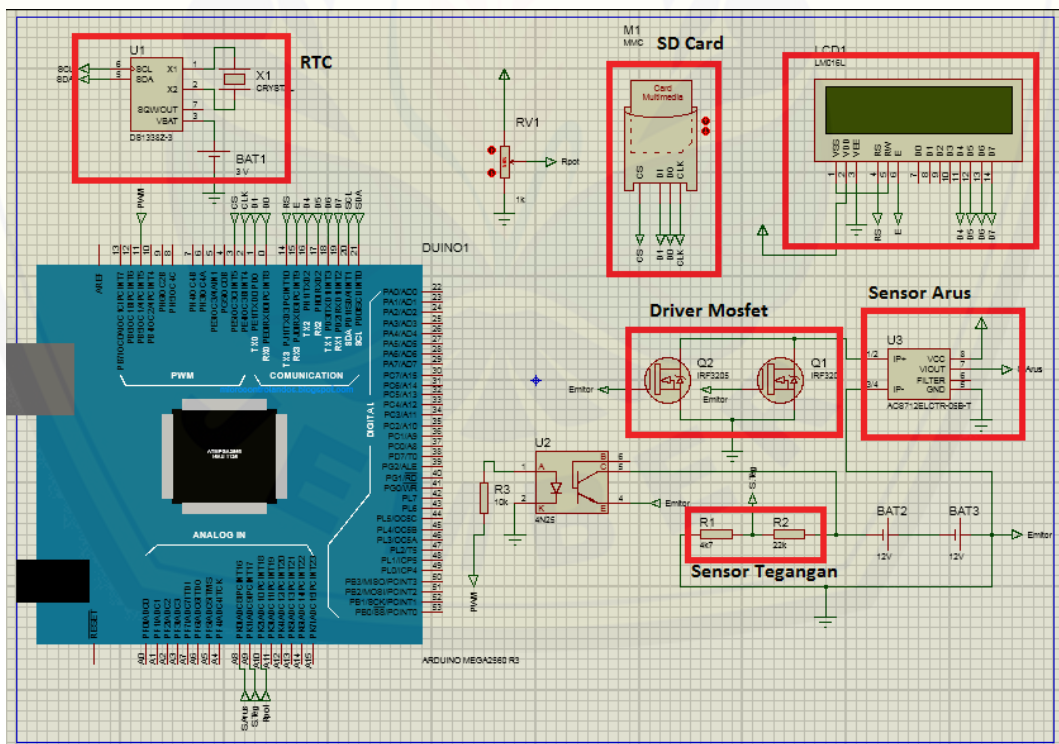
Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

Diagram blok sistem penelitian ini menjelaskan bahwa dari tenaga penggerak MHD dengan *Channel Diagonal Conducting Wall* yang menggerakkan kapal. Diagram blok sistem penelitian ini terdiri dari beberapa unit yaitu baterai, sensor tegangan, driver mosfet, sensor arus, arduino, data logger, LCD, dan channel

kapal. Semua unit tersebut terhubung sesuai dengan diagram blok sistem yang ditampilkan pada gambar 3.2. Diagram blok sistem menjelaskan bahwa baterai menyuplai tegangan yang kemudian dibaca oleh sensor tegangan dan dikirim ke arduino. Driver mosfet bertugas mengatur besar kecilnya tegangan baterai yang dikontrol oleh arduino. Arus yang keluar menuju channel kapal akan terbaca oleh sensor arus dan dikirim ke arduino. Arduino yang mengatur semua unit sistem yang kemudian memberi keluaran data arus dan tegangan yang akan disimpan dalam data logger dan ditampilkan pada LCD.

3.5. Perancangan Sistem

Pada penelitian ini akan dijelaskan penjelasan rangkaian secara menyeluruh pada sistem kapal magnetohidrodinamika yang mengacu pada diagram blok sistem. Berikut merupakan rangkaian seluruh sistem yang ada pada kapal magnetohidrodinamika.



Gambar 3.3 Rangkaian Sistem Kapal Magnetohidrodinamika

3.5.1. Baterai

Baterai yang digunakan untuk sumber pada *channel* kapal menggunakan dua buah baterai lipo dengan kapasitas masing-masing baterai 12V 1000 mAh dengan *discharge rate* sebesar 20-30 C. *Discharge rate* disini berguna untuk mengetahui seberapa besar baterai tersebut dapat menahan beban maksimum. Baterai tersebut memiliki rating *discharge* maksimum sebesar 30 C maka berarti baterai tersebut dapat menahan beban maksimum hingga 30.000 mA atau sebesar 30A. Angka ini berarti sama dengan 500 mA tiap menit, maka energi baterai sebesar 1000 mAh akan terkuras habis dalam waktu 2 menit. Angka ini berasal dihitung dengan mengkalkulasi jumlah arus per menitnya.

$$\text{Arus tiap menit} = \frac{1000 \text{ mAh}}{60 \text{ menit}} = 16,6 \text{ mA}$$

$$\text{Beban maksimum} = 16,6 \text{ mA} \cdot 30 \text{ C} = 500,01 \text{ mA} \approx 500 \text{ mA}$$

$$\text{Pemakaian baterai} = \frac{1000 \text{ mAh}}{500 \text{ mA}} = 2 \text{ menit}$$

Keunggulan baterai lipo yaitu dapat melayani beban yang cukup besar dengan ukuran yang kecil.



Gambar 3.4 Baterai Lipo

3.5.2. Channel Kapal

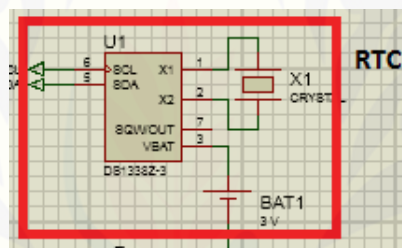
MHD dengan *Channel Diagonal Conducting Wall* yang dipasang dibagian bawah kapal guna sebagai penggerak. *Channel Diagonal Conducting Wall* pada penelitian ini berukuran 9cm x 2,5cm x 3cm yang mempunyai sudut kemiringan antara jumper dengan elektroda. Susunan elektrodanya sendiri disusun secara berselingan atau diberi jarak antar elektrodanya.

3.5.3. Rangkaian RTC

RTC (Real time clock) berupa chip yang bertugas menghitung waktu dari detik hingga tahun dengan akurat dan menjaga/menyimpan data waktu tersebut. Setelah proses hitung waktu, *output* datanya langsung disimpan ke device lain.

IC RTC yang digunakan yaitu DS1307 dan dilengkapi dengan baterai CR2032 dengan tegangan sebesar 3V sebagai penyuplai daya pada IC DS1307, sehingga jam akan tetap *up-to-date* walaupun tidak ada sumber tegangan dari arduino menuju RTC. RTC dinilai cukup akurat sebagai pewaktu *timer* karena menggunakan osilator kristal sebesar 32.768KHz.

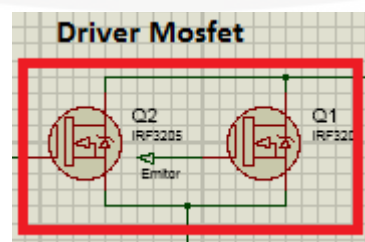
Pin SCL menuju pin A5 arduino dan pin SDA menuju pin A4 arduino. Vbat mendapatkan suplai dari baterai CR2032 sebesar 3V untuk tetap menjaga waktu tetap berjalan.



Gambar 3.5 Rangkaian RTC

3.5.4. Rangkaian Driver Mosfet

Rangkaian *Driver Mosfet* menggunakan Mosfet IRF3205 dan *Optocoupler* sebagai pemisah antara arduino dengan mosfet yang bertujuan untuk menghindari kerusakan pada arduino apabila terjadi tegangan balik dari mosfet. Mosfet IRF3205 adalah mosfet N-Channel dimana gate mendapat sumber tegangan dari optocoupler dengan rentang nilai 0-12V, kaki *drain* sebagai *output*, dan kaki *source* menuju *ground*.



Gambar 3.6 Rangkaian Driver Mosfet

3.5.5. Rangkaian Sensor Tegangan

Sensor tegangan ini menggunakan sensor tegangan DC prinsip rangkaian pembagi tegangan dimana tegangan *input* baterai sebesar 24V akan melewati rangkaian pembagi tegangan sehingga nilainya kurang dari 5V dan masuk menuju arduino. Hal ini dikarenakan arduino hanya beroperasi pada rentang tegangan sebesar 0-5V.

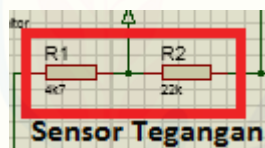
Perancangan rangkaian sensor tegangan menggunakan perhitungan rumus pembagi tegangan, berikut perhitungan rankauiana sensor tegangan.

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in}$$

$$4,2 = \frac{R_2}{22k + R_2} \times 24$$

$$92400 = (24 - 4,2) \times R_2$$

$$R_2 = \frac{92400}{19,8} = 4666,67 \Omega \approx 4k7 \Omega$$

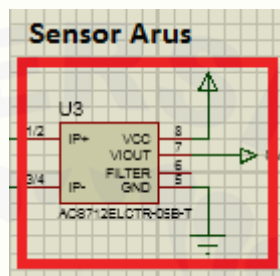


Gambar 3.7 Rangkaian Sensor Tegangan

3.5.6. Rangkaian Sensor Arus

Sensor arus yang digunakan pada sistem ini menggunakan sensor arus sudah dalam bentuk *kit* dengan basis ACS712-20A-T yang kemampuannya sampai 20A. ACS712-20A-T adalah *Hall Effect current sensor*. *Hall effect* allegro ACS712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus pada pengaplikasian deteksi beban listrik, *switched-mode power supplies* dan lain-lain. Sensor ini memiliki ketepatan yang tinggi, karena didalamnya terdapat *low-offset linier hall* dengan satu lintasan yang terbuat tembaga. Cara kerja sensor ini adalah arus yang dibaca mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat didalamnya menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh *integrated Hall IC* dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian dalam pembacaan sensor dioptimalkan dengan cara pemasangan komponen yang ada didalamnya antara

penghantar yang menghasilkan medan magnet dengan *hall transducer* secara berdekatan. Lebih tepatnya tegangan proporsional yang rendah akan menstabilkan Bi CMOS *Hall IC* yang didalamnya telah dibuat untuk ketelitian yang tinggi oleh pabrik. Hambatan pada penghantar sensor sebesar kurang lebih $1.2\text{ m}\Omega$ dengan daya rendah. Keluaran sensor arus ACS712-20A-T ini adalah berupa tegangan yang sangat kecil, dengan perubahan 100mV per setiap 1A ini merupakan referensi *data sheet*.



Gambar 3.8 Rangkaian Sensor Arus

3.5.7. Arduino

Arduino yang digunakan dalam penelitian ini adalah Arduino Mega 2560 dimana arduino ini sendiri merupakan otak dari sistem. Arduino Mega 2560 membaca data sebuah arus dari sensor arus dan data tegangan dari sensor tegangan yang mana akan disimpan dalam data logger dan akan ditampilkan pada LCD Display.

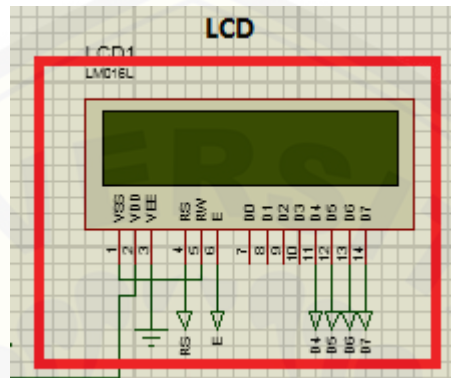


Gambar 3.9 Modul Arduino MEGA2560

(www.arduino.com)

3.5.8. LCD

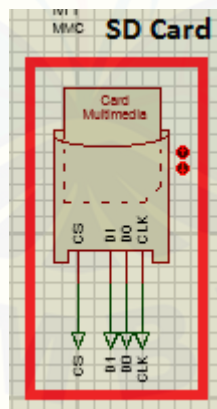
LCD berfungsi sebagai penampil informasi sistem saat bekerja. LCD (*liquid crystal display*) sendiri adalah suatu alat penampil bahan cairan kristal yang pengoperasiannya menggunakan sistem *dot* matriks. Pada perancangan ini, LCD yang digunakan adalah LCD 16x2 dan memiliki lampu latar/*backlight*.



Gambar 3.10 Rangkaian LCD 16x2

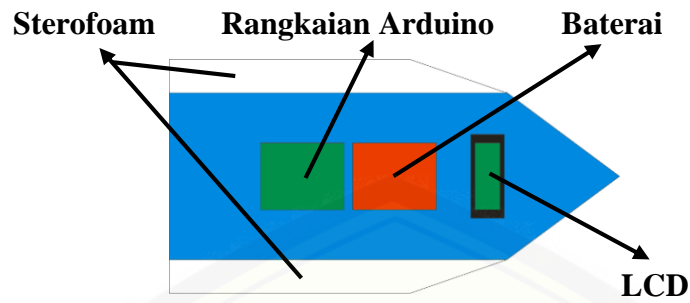
3.5.9. Mikro SD

Mikro SD disini berfungsi sebagai data logger dalam menyimpan data tegangan dan arus.

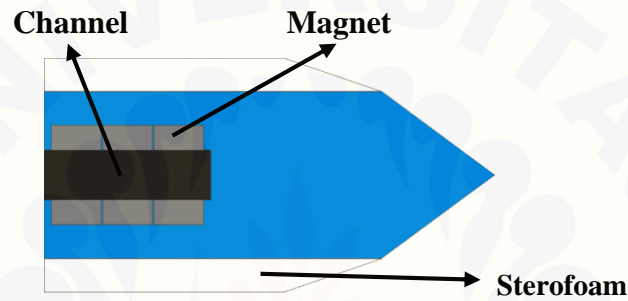


Gambar 3.11 Mikro SD

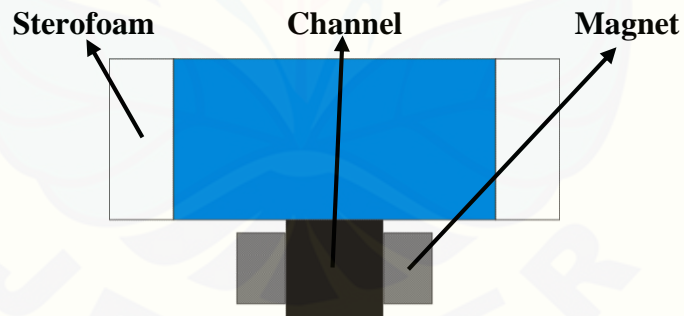
3.6. Pemodelan Kapal



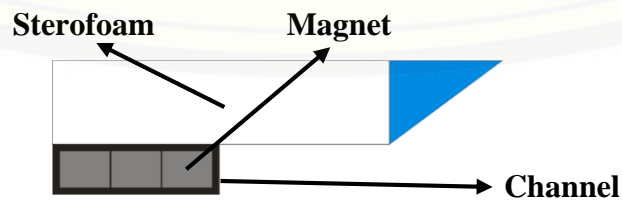
Gambar 3.12 Pemodelan kapal tampak dari atas



Gambar 3.13 Pemodelan kapal tampak dari bawah



Gambar 3.14 Pemodelan kapal tampak dari belakang



Gambar 3.15 Pemodelan kapal tampak dari samping



Gambar 3.16 Kapal Magnetohidrodinamika



Gambar 3.17 *Channel* Kapal *Diagonal Conducting Wall*

Dari keempat gambar tersebut dijelaskan tentang desain kapal MHD yang akan digunakan. Samping kanan dan kiri kapal terdapat sterfoam yang berfungsi sebagai pelampung agar kapal terapung diatas air. MHD sebagai penggerak kapal ini terletak pada bagian bawah dimana magnet terletak pada sisi kanan dan kiri. Sedangkan untuk bagian dalam kapal terdapat rangkaian arduino, baterai dan LCD.

BAB 5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Kerapatan medan magnet dengan dimensi 90mm x 22mm x 15mm memiliki kerapatan medan magnet paling kecil dari pada kerapatan medan magnet dengan dimensi 30mm x 22mm x 45mm yaitu sebesar 0,4111T dan 0,6129T. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tebal magnet maka semakin besar kerapatan medan magnet. Dengan kata lain, ketebalan magnet sangat berpengaruh terhadap kerapatan medan magnet.
2. Kapal Magnetohidrodinamika dengan tegangan 24V memiliki waktu tempuh tercepat dan dengan tegangan 15,21V memiliki waktu tempuh terlambat yaitu 14 detik dengan 31 detik.
3. Kapal Magnetohidrodinamika dengan tegangan 24V memiliki kecepatan 0,042m/s dan dengan tegangan 15,21V memiliki kecepatan 0,019m/s. Jadi, kapal Magnetohidrodinamika yang bertegangan 24V memiliki kecepatan tertinggi daripada yang bertegangan 15,21V.
4. 274,818W merupakan nilai daya dorong tertinggi pada tegangan 24V sedangkan 22,875W merupakan nilai daya dorong terendah pada tegangan 15,21V.

5.2. Saran

1. Pada kapal Magnetohidrodinamika dengan *channel* tipe *Diagonal Conducting Wall* dapat dirubah dengan *channel* tipe *Hall*.
2. Pada baterai yang digunakan, perlu kapasitas baterai yang lebih besar karena arus keluaran mencapai 12A.
3. Pada *channel*, juga perlu dirubah dimensi magnet dan ukuran *channel*.
4. Pada kapal magnetohidrodinamika ini perlu adanya navigasi agar dapat mudah dikendalikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwari, M., Sukamoto, N., Hardianto T., Kondo J., dan Harada N. 2005. *Numerical Analysis of Magnetohydrodynamic Accelerator Performance with Diagonal Electrode Connection*. Nagaoka University of Technology.
- Artanto, Dian. 2012. *Interaksi Arduino dan LabView*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Budhiarto, Widodo. 2005. *Perancangan Sistem dan Aplikasi Mikrokontroler*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Doss, E. D., H. K. Geyer and G. D. Roy Mhd Undersea Propulsion Novel Concept With Renewed Interest.
- Eko Sasmito Hadi, Untung Budiarto. 2012. *Kajian Teknis Propeller -Engine Matching Pada Kapal Ikan Tradisional dengan Menggunakan Motor Listrik Hybrid dari Solar Cell dan Genset Sebagai Mesin Penggerak Utama Kapal di Kabupaten Pasuruan Jawa Timur*. Ejournal UNDIP.ac.id
- Gabriel I. Fontand and Scott C. Dudley, 2004, Magnetohydrodynamic Propulsion for the Classroom. Vol 42.
- Halliday, David. 1993. *Fisika jilid 2 edisi ketiga*. Penerbit Erlangga.
- Santoso, Hari. 2015. *Panduan Praktis Arduino untuk Pemula*. Elang Sakti.
- Takezawa Setsuo et al., 1995, Operation of the Thruster for Superconducting Electromagnetohydrodynamic Propulsion Ship "YAMATO 1" Vol. 23, No.1.
- Adi, Dwi Saputra. 2015. *Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak (Magnetic Propulsion) Pada Kapal*. Jember. Universitas Jember.
- Litchford, R.J. 2003. *Performance Theory of Diagonal Conducting Wall MHD Accelerator*. AIAA paper 2003-4284.
- Nobuomi Sakamoto, Junichi Kondo, Nobuhiro Harada, *Computational Study of MHD Accelerator*. AIAA Paper 2006-2893.
- Rosa, R.J. 1963. *Magnetohydrodynamic Energy Coversation*, McGraw Hill.

- Widarsono, Bambang. 2013. *Cadangan dan Produksi Gas Bumi Nasional: Sebuah Analisis atas Potensi dan Tantangannya*. Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi Vol. 47, No. 3, Desember 2013: 115 – 126.
- 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.

www.wikipedia.org



LAMPIRAN

1. Perhitungan Kerapatan Medan Magnet

1.1. Dimensi Magnet 90mm x 22mm x 15mm

$$B = \frac{Br}{\pi} \left[\tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2.x_1 \sqrt{4x_1^2 + W^2 + L^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2(x_1+T) \sqrt{4(x_1+T)^2 + W^2 + L^2}} \right) + \right.$$

$$\left. \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2.x_2 \sqrt{4x_2^2 + W^2 + L^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2(x_2+T) \sqrt{4(x_2+T)^2 + W^2 + L^2}} \right) \right]$$

$$B = \frac{12300}{180} \left[\tan^{-1} \left(\frac{22.90}{2.30 \sqrt{4.30^2 + 22^2 + 90^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{22.90}{2(30+15) \sqrt{4(30+15)^2 + 22^2 + 90^2}} \right) + \right.$$

$$\left. \tan^{-1} \left(\frac{22.90}{\sqrt{22^2 + 90^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{22.90}{2.15 \sqrt{4.15^2 + 22^2 + 90^2}} \right) \right]$$

$$B = \frac{12300}{180} \left[\tan^{-1} \left(\frac{1980}{60.110,3811578} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{1980}{90.129,1665591} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{1980}{92,64987858} \right) - \right.$$

$$\left. \tan^{-1} \left(\frac{1980}{30.97,38583059} \right) \right]$$

$$B = \frac{12300}{180} [\tan^{-1} 0,2989640683 - \tan^{-1} 0,1703227225 + \tan^{-1} 21,37077814 - \tan^{-1} 0,6777166617]$$

$$B = \frac{12300}{180} [16,64477504 - 9,666015625 + 87,32092036 - 34,12614757]$$

$$B = \frac{12300}{180} . 60,17353221$$

$$B = 4111,858034 \text{ G}$$

$$B = 0,4111858034 \text{ T}$$

1.2. Dimensi Magnet 60mm x 22mm x 15mm

$$B = \frac{Br}{\pi} \left[\tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2.x_1 \sqrt{4x_1^2 + W^2 + L^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2(x_1+T) \sqrt{4(x_1+T)^2 + W^2 + L^2}} \right) + \right.$$

$$\left. \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2.x_2 \sqrt{4x_2^2 + W^2 + L^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2(x_2+T) \sqrt{4(x_2+T)^2 + W^2 + L^2}} \right) \right]$$

$$\begin{aligned}
B &= \frac{12300}{180} \left[\tan^{-1} \left(\frac{22.60}{2.30\sqrt{4.30^2+22^2+60^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{22.60}{2(30+15)\sqrt{4(30+15)^2+22^2+60^2}} \right) + \right. \\
&\quad \left. \tan^{-1} \left(\frac{22.60}{\sqrt{22^2+60^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{22.60}{2.15\sqrt{4.15^2+22^2+60^2}} \right) \right] \\
B &= \frac{12300}{180} \left[\tan^{-1} \left(\frac{1320}{60.87,658428} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{1320}{90.110,3811578} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{1320}{63,90618123} \right) - \right. \\
&\quad \left. \tan^{-1} \left(\frac{1320}{30.70,59745038} \right) \right] \\
B &= \frac{12300}{180} [\tan^{-1} 0,2509741562 - \tan^{-1} 0,1328729192 + \\
&\quad \tan^{-1} 20,65527895 - \tan^{-1} 0,6232519696] \\
B &= \frac{12300}{180} [14,08876322 - 7,568722803 + 87,2282593 - 31,93330522] \\
B &= \frac{12300}{180} \cdot 61,8149945 \\
B &= 4224,024624 \text{ G} \\
B &= 0,4224024624 \text{ T}
\end{aligned}$$

1.3. Dimensi Magnet 30mm x 22mm x 15mm

$$\begin{aligned}
B &= \frac{Br}{\pi} \left[\tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2.x_1\sqrt{4x_1^2+W^2+L^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2(x_1+T)\sqrt{4(x_1+T)^2+W^2+L^2}} \right) + \right. \\
&\quad \left. \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2.x_2\sqrt{4x_2^2+W^2+L^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2(x_2+T)\sqrt{4(x_2+T)^2+W^2+L^2}} \right) \right] \\
B &= \frac{12300}{180} \left[\tan^{-1} \left(\frac{22.30}{2.30\sqrt{4.30^2+22^2+30^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{22.30}{2(30+15)\sqrt{4(30+15)^2+22^2+30^2}} \right) + \right. \\
&\quad \left. \tan^{-1} \left(\frac{22.30}{\sqrt{22^2+30^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{22.30}{2.15\sqrt{4.15^2+22^2+30^2}} \right) \right] \\
B &= \frac{12300}{180} \left[\tan^{-1} \left(\frac{660}{60.70,59745038} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{660}{90.97,38583059} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{660}{37,20215048} \right) - \right. \\
&\quad \left. \tan^{-1} \left(\frac{660}{30.47,79121258} \right) \right] \\
B &= \frac{12300}{180} [\tan^{-1} 0,1558129924 - \tan^{-1} 0,0753018513 + \\
&\quad \tan^{-1} 17,74090991 - \tan^{-1} 0,4603356729] \\
B &= \frac{12300}{180} [8,856215559 - 4,306351008 + 86,7738287 - 24,71830196] \\
B &= \frac{12300}{180} \cdot 66,60538729
\end{aligned}$$

$$B = 4551,368131 \text{ G}$$

$$B = 0,4551368131 \text{ T}$$

1.4. Dimensi Magnet 30mm x 22mm x 30mm

$$B = \frac{Br}{\pi} \left[\tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2.x_1 \sqrt{4x_1^2 + W^2 + L^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2(x_1+T) \sqrt{4(x_1+T)^2 + W^2 + L^2}} \right) + \right. \\ \left. \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2.x_2 \sqrt{4x_2^2 + W^2 + L^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2(x_2+T) \sqrt{4(x_2+T)^2 + W^2 + L^2}} \right) \right]$$

$$B = \frac{12300}{180} \left[\tan^{-1} \left(\frac{22.30}{2.30 \sqrt{4.30^2 + 22^2 + 30^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{22.30}{2(30+30) \sqrt{4(30+30)^2 + 22^2 + 30^2}} \right) + \right. \\ \left. \tan^{-1} \left(\frac{22.30}{\sqrt{22^2 + 30^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{22.30}{2.30 \sqrt{4.30^2 + 22^2 + 30^2}} \right) \right]$$

$$B = \frac{12300}{180} \left[\tan^{-1} \left(\frac{660}{60.70,59745038} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{660}{120.125,6343902} \right) + \right. \\ \left. \tan^{-1} \left(\frac{660}{37,20215048} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{660}{60.70,59745038} \right) \right]$$

$$B = \frac{12300}{180} [\tan^{-1} 0,1558129924 - \tan^{-1} 0,04377782223 + \\ \tan^{-1} 17,74090991 - \tan^{-1} 0,1558129924]$$

$$B = \frac{12300}{180} [8,856215559 - 2,506683916 + 86,7738287 - 8,85621556]$$

$$B = \frac{12300}{180} .84,26714478$$

$$B = 5758,254894 \text{ G}$$

$$B = 0,5758254894 \text{ T}$$

1.5. Dimensi Magnet 30mm x 22mm x 45mm

$$B = \frac{Br}{\pi} \left[\tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2.x_1 \sqrt{4x_1^2 + W^2 + L^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2(x_1+T) \sqrt{4(x_1+T)^2 + W^2 + L^2}} \right) + \right. \\ \left. \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2.x_2 \sqrt{4x_2^2 + W^2 + L^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{W.L}{2(x_2+T) \sqrt{4(x_2+T)^2 + W^2 + L^2}} \right) \right]$$

$$B = \frac{12300}{180} \left[\tan^{-1} \left(\frac{22.30}{2.30\sqrt{4.30^2+22^2+30^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{22.30}{2(30+45)\sqrt{4(30+45)^2+22^2+30^2}} \right) + \right. \\ \left. \tan^{-1} \left(\frac{22.30}{\sqrt{22^2+30^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{22.30}{2.45\sqrt{4.45^2+22^2+30^2}} \right) \right]$$

$$B = \frac{12300}{180} \left[\tan^{-1} \left(\frac{660}{60.70,59745038} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{660}{150.154,566692} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{660}{37,20215048} \right) - \right. \\ \left. \tan^{-1} \left(\frac{660}{90.97,38583059} \right) \right]$$

$$B = \frac{12300}{180} [\tan^{-1} 0,1558129924 - \tan^{-1} 0,02846667638 + \\ \tan^{-1} 17,74090991 - \tan^{-1} 0,0753018513]$$

$$B = \frac{12300}{180} [8,856215559 - 1,630580061 + 86,7738287 - 4,306351007]$$

$$B = \frac{12300}{180} \cdot 89,69311322$$

$$B = 6129,029404 \text{ G}$$

$$B = 0,6129029404 \text{ T}$$

2. Perhitungan Daya Dorong

2.1. Pengujian 1

Data :	$I = 1,324688\text{A}$	$D = 0,022\text{m}$
	$A = 0,00225\text{m}^2$	$u = 0,019\text{m/s}$
	$V = 15,21\text{V}$	$B = 0,4111858034\text{T}$
	$v = 0,0000675\text{m}^3$	

Kecepatan :

$$u = \frac{s}{t} = \frac{0,6\text{m}}{31\text{s}} = 0,019 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kerapatan arus listrik :

$$J = \frac{I}{A} = \frac{1,324688\text{A}}{0,00225\text{m}^2} = 588,750222 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

Kerapatan medan listrik :

$$E = \frac{V}{D} = \frac{15,21\text{V}}{0,022\text{m}} = 691,3636364 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Kerapatan daya listrik channel :

$$P_v = J \cdot E = 588,750222 \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \cdot 691,3636364 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 407040,4944 \frac{\text{W}}{\text{m}^3}$$

$$P = 407040,4944 \frac{\text{W}}{\text{m}^3} \cdot 0,0000675 \text{m}^3 = 27,475233 \text{W}$$

Daya dorong komponen Lorentz :

$$P_p = u \cdot J \cdot B$$

$$P_p = 0,019 \text{m/s} \cdot 588,750222 \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \cdot 0,4111858034 \text{T} = 4,599628 \text{W}$$

Daya dorong :

$$P_d = P - P_p = 27,475233 \text{W} - 4,599628 \text{W} = 22,875605 \text{W}$$

2.2. Pengujian 2

Data :	$I = 2,887143 \text{A}$	$D = 0,022 \text{m}$
	$A = 0,00225 \text{m}^2$	$u = 0,022 \text{m/s}$
	$V = 17,37 \text{V}$	$B = 0,4111858034 \text{T}$
	$v = 0,0000675 \text{m}^3$	

Kecepatan :

$$u = \frac{s}{t} = \frac{0,6 \text{m}}{27 \text{s}} = 0,022 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kerapatan arus listrik :

$$J = \frac{I}{A} = \frac{2,887143 \text{A}}{0,00225 \text{m}^2} = 1283,174666 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

Kerapatan medan listrik :

$$E = \frac{V}{D} = \frac{17,37 \text{V}}{0,022 \text{m}} = 789,545454 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Kerapatan daya listrik channel :

$$P_v = J \cdot E = 1283,174666 \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \cdot 789,545454 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 1013124,724228 \frac{\text{W}}{\text{m}^3}$$

$$P = 1013124,724228 \frac{\text{W}}{\text{m}^3} \cdot 0,0000675 \text{m}^3 = 68,385918 \text{W}$$

Daya dorong komponen Lorentz :

$$P_p = u \cdot J \cdot B$$

$$P_p = 0,022 \text{m/s} \cdot 1283,174666 \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \cdot 0,4111858034 \text{T} = 11,60771 \text{W}$$

Daya dorong :

$$P_d = P - P_p = 68,385918 \text{W} - 11,60771 \text{W} = 56,778208 \text{W}$$

2.3. Pengujian 3

Data :	$I = 5,825652 \text{A}$	$D = 0,022 \text{m}$
	$A = 0,00225 \text{m}^2$	$u = 0,028 \text{m/s}$
	$V = 19,14 \text{V}$	$B = 0,4111858034 \text{T}$
	$v = 0,0000675 \text{m}^3$	

Kecepatan :

$$u = \frac{s}{t} = \frac{0,6 \text{m}}{21 \text{s}} = 0,028 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kerapatan arus listrik :

$$J = \frac{I}{A} = \frac{5,825652 \text{A}}{0,00225 \text{m}^2} = 2589,178666 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

Kerapatan medan listrik :

$$E = \frac{V}{D} = \frac{19,14 \text{V}}{0,022 \text{m}} = 870 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Kerapatan daya listrik channel :

$$P_v = J \cdot E = 2589,178666 \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \cdot 870 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 2252585,43942 \frac{\text{W}}{\text{m}^3}$$

$$P = 2252585,43942 \frac{\text{W}}{\text{m}^3} \cdot 0,0000675 \text{m}^3 = 152,049517 \text{W}$$

Daya dorong komponen Lorentz :

$$P_p = u \cdot J \cdot B$$

$$P_p = 0,022 \text{m/s} \cdot 2589,178666 \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \cdot 0,4111858034 \text{T} = 29,809738 \text{W}$$

Daya dorong :

$$P_d = P - P_p = 152,049517 \text{W} - 29,809738 \text{W} = 122,239779 \text{W}$$

2.4. Pengujian 4

Data :	$I = 8,028947 \text{A}$	$D = 0,022 \text{m}$
	$A = 0,00225 \text{m}^2$	$u = 0,033 \text{m/s}$
	$V = 21,23 \text{V}$	$B = 0,4111858034 \text{T}$
	$v = 0,0000675 \text{m}^3$	

Kecepatan :

$$u = \frac{s}{t} = \frac{0,6 \text{m}}{18 \text{s}} = 0,033 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kerapatan arus listrik :

$$J = \frac{I}{A} = \frac{8,028947 \text{A}}{0,00225 \text{m}^2} = 3568,420888 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

Kerapatan medan listrik :

$$E = \frac{V}{D} = \frac{21,23 \text{V}}{0,022 \text{m}} = 965 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Kerapatan daya listrik channel :

$$P_v = J \cdot E = 3568,420888 \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \cdot 965 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 3443526,15692 \frac{\text{W}}{\text{m}^3}$$

$$P = 3443526,15692 \frac{\text{W}}{\text{m}^3} \cdot 0,0000675 \text{m}^3 = 232,438015 \text{W}$$

Daya dorong komponen Lorentz :

$$P_p = u \cdot J \cdot B$$

$$P_p = 0,033 \text{m/s} \cdot 3568,420888 \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \cdot 0,4111858034 \text{T} = 48,420372 \text{W}$$

Daya dorong :

$$P_d = P - P_p = 232,438015 \text{W} - 48,420372 \text{W} = 184,017643 \text{W}$$

2.5. Pengujian 5

Data :	$I = 10,97 \text{A}$	$D = 0,022 \text{m}$
	$A = 0,00225 \text{m}^2$	$u = 0,042 \text{m/s}$
	$V = 24 \text{V}$	$B = 0,4111858034 \text{T}$
	$v = 0,0000675 \text{m}^3$	

Kecepatan :

$$u = \frac{s}{t} = \frac{0,6 \text{m}}{14 \text{s}} = 0,042 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Kerapatan arus listrik :

$$J = \frac{I}{A} = \frac{10,97 \text{A}}{0,00225 \text{m}^2} = 4835,555555 \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

Kerapatan medan listrik :

$$E = \frac{V}{D} = \frac{24 \text{V}}{0,022 \text{m}} = 1090,909090 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

Kerapatan daya listrik channel :

$$P_v = J \cdot E = 4835,555555 \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \cdot 1090,909090 \frac{\text{V}}{\text{m}} = 5318787,868294 \frac{\text{W}}{\text{m}^3}$$

$$P = 5318787,868294 \frac{\text{W}}{\text{m}^3} \cdot 0,0000675 \text{m}^3 = 356,072726 \text{W}$$

Daya dorong komponen Lorentz :

$$P_p = u \cdot J \cdot B$$

$$P_p = 0,042 \text{m/s} \cdot 4835,555555 \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \cdot 0,4111858034 \text{T} = 73,567536 \text{W}$$

Daya dorong :

$$P_d = P - P_p = 356,072726 \text{W} - 73,567536 \text{W} = 274,818294 \text{W}$$

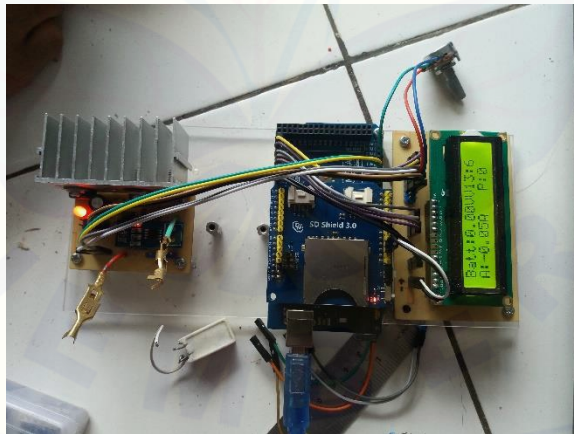
3. Dokumentasi Penelitian



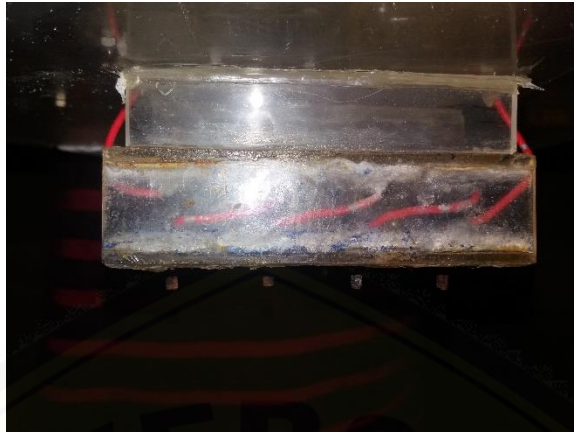
Tampak keseluruhan kapal magnetohidrodinamika



Pengambilan air laut di pantai Payangan



Pengujian sistem



Channel Kapal Magnetohidrodinamika tipe Channel Diagonal Conducting Wall

4. Listing Program

```
#include <SD.h>
#include <Wire.h>
#include "RTCLib.h"
#include <SPI.h>
#include <LiquidCrystal.h>
// Setting LCD RS E D4 D5 D6 D7
LiquidCrystal lcd(14, 15, 16, 17, 18, 19);
// A simple data logger for the Arduino analog pins
// how many milliseconds between grabbing data and logging it. 1000 ms is once
a second
#define LOG_INTERVAL 1000 // mills between entries (reduce to take
more/faster data)
// how many milliseconds before writing the logged data permanently to disk
// set it to the LOG_INTERVAL to write each time (safest)
// set it to 10*LOG_INTERVAL to write all data every 10 datareads, you could
lose up to
// the last 10 reads if power is lost but it uses less power and is much faster!
#define SYNC_INTERVAL 1000 // mills between calls to flush() - to write data
to the card
uint32_t syncTime = 0; // time of last sync()
```



```
// The analog pins that connect to the sensors
const int chipSelect = 4;
const int analogInPin = A10; // Analog input pin that the potentiometer is attached
to
const int analogOutPin = 10; // Analog output pin that the PWM is attached to
const int analogInPin2 = A9; // Analog input tegangan
const int analogInPin3 = A8; // Analog input arus
int sensorValue = 0; // value read from the pot
int outputValue = 0; // value output to the PWM (analog out)
float sample1=0.0; // read the Vout from voltage divider
float voltage=0.0;
//int persen=0;
float sample2 = 0; // baca sampel arus
float val;
float actualval;
float amps=0.0;
RTC_DS1307 RTC; // define the Real Time Clock object
// the logging file
File logfile;
void error(char *str)
{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("PASANG SD CARD..! ");
  lcd.setCursor(1,1);
  lcd.print("LOG DATA GAGAL");
  Serial.println(str);
  while(1);
}
void setup()
{
  TCCR1B = TCCR1B & B11111000 | B00000101;
```

```
lcd.begin(16, 2);
Serial.begin(9600);
Serial.println();
// initialize the SD card
lcd.print("MENGECEK SD CARD...");
delay(1000);
lcd.clear();
// make sure that the default chip select pin is set to
// output, even if you don't use it:
pinMode(4, OUTPUT);
// see if the card is present and can be initialized:
if (!SD.begin(chipSelect)) {
    error("Card failed, or not present");
}
//Serial.println("card initialized.");
// create a new file
char filename[] = "LOGGER00.CSV";
for (uint8_t i = 0; i < 100; i++) {
    filename[6] = i/10 + '0';
    filename[7] = i%10 + '0';
    if (!SD.exists(filename)) {
        // only open a new file if it doesn't exist
        logfile = SD.open(filename, FILE_WRITE);
        break; // leave the loop!
    }
}
if (!logfile) {
    error("couldnt create file");
}
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("FILE SUKSES: ");
```

```
lcd.setCursor(1,1);
lcd.println(filename);
delay(3000);
lcd.clear();
Wire.begin();
if (!RTC.begin()) {
logfile.println("RTC failed");
#ifdef ECHO_TO_SERIAL
Serial.println("RTC failed");
#endif //ECHO_TO_SERIAL
}
logfile.println("Tanggal,Tegangan,Arus,PWM");
}
void loop()
{
//coding untuk PWM
// read the analog in value:
sensorValue = analogRead(analogInPin);
// map it to the range of the analog out:
outputValue = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 255);
// change the analog out value:
analogWrite(analogOutPin, outputValue);
delay(2);
//coding untuk tegangan
for(int i=0;i<150;i++)
{
sample1+=analogRead(analogInPin2); //read the voltage from the sensor
sample2+=analogRead(analogInPin3); //read the current from sensor
delay(2);
}
sample1=sample1/150;
```

```
sample2=sample2/150;
//perhitungan voltage
voltage=4.85169*5.68720379*sample1/1000;
//persen batt
//persen=(voltage/24)*100;
//perhitungan current
val =(5.0*sample2)/1024.0;
actualval =val-2.5; // offset voltage is 2.5v
amps = actualval*10;// 10 is multiplied as 100mv/A ( from data sheet )
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Batt:");
lcd.print(voltage);
lcd.print("V");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("A:");
lcd.print(-amps);
lcd.print("A");
lcd.setCursor(11,1);
lcd.print("P:");
lcd.print(outputValue);
lcd.print(" ");
lcd.setCursor(11,0);
//lcd.print(persen);
//lcd.print("%");
//lcd.print(" ");
//lcd.print(now.hour);
//lcd.print(":");
//lcd.print(now.minute);
    DateTime now;
// delay for the amount of time we want between readings
delay((LOG_INTERVAL -1) - (millis() % LOG_INTERVAL));
```

```
// fetch the time
now = RTC.now();
logfile.print("");
logfile.print(now.day(), DEC);
logfile.print("/");
logfile.print(now.month(), DEC);
logfile.print("/");
logfile.print(now.year(), DEC);
logfile.print(" ");
logfile.print(now.hour(), DEC);
logfile.print(":");
logfile.print(now.minute(), DEC);
logfile.print(":");
logfile.print(now.second(), DEC);
logfile.print("");
logfile.print(", ");
logfile.print(voltage);
logfile.print(", ");
logfile.print(amps);
logfile.print(", ");
logfile.print(outputValue);
logfile.println();
lcd.setCursor(11,0);
lcd.print(now.hour(), DEC);
lcd.print(":");
lcd.print(now.minute(), DEC);

// Now we write data to disk! Don't sync too often - requires 2048 bytes of I/O to
SD card

// which uses a bunch of power and takes time
if ((millis() - syncTime) < SYNC_INTERVAL) return;
syncTime = millis();
```

```
// blink LED to show we are syncing data to the card & updating FAT!  
logfile.flush();  
}
```

