



**ANALISIS PENGARUH LEBAR CELAH DAN JARAK ANTAR
MAGNET TERHADAP DAYA DAN JARAK TEMPUH KAPAL
PADA MHD CHANNEL TIPE HALL**

SKRIPSI

Oleh

Setya Budi

161910201086

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020



**ANALISIS PENGARUH LEBAR CELAH DAN JARAK ANTAR
MAGNET TERHADAP DAYA DAN JARAK TEMPUH KAPAL
PADA MHD CHANNEL TIPE HALL**

SKRIPSI

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

Oleh

SETYA BUDI

NIM 161910201086

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2020

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, atas berkat rohmat Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah melimpahkan kasih sayang-Nya, akhirnya penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Karya ini merupakan sebuah langkah awal menuju kesuksesan yang yang besar. Pada akhirnya, penulis mempersembahkan karya ini kepada :

1. Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang.
2. Kedua orang tua tercinta, Bapak Siyaji dan Ibu Mulyani serta almarhumah kakak tercinta Enin Lutfi Sundari, S.Pd. dan mas Yusron Rozaq atas kasih sayang, pengorbanan, dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
3. Guru – guru mulai SD Negeri Carat II , SMP Negeri 1 Gempol, SMK Negeri 1 Bangil dan dosen-dosen Teknik Elektro Universitas Jember. Terima kasih untuk ilmu dan pengalaman yang telah diajarkan selama ini.
4. Teman-teman asisten Laboratorium Sistem Kendali Fakultas Teknik Universitas Jember yang selalu membantu dan menyemangati saya setiap hari.
5. Rekan-rekan satu DPU dan DPA yang selalu menemani saya berjuang mulai awal pengerjaan skripsi hingga selesai.
6. Keluarga Induktro 2016 (Muhammad Rizza, Septian Andi Nugroho, Indra riyansyah dll)yang selalu membantu, menyemangati dan selalu mendampingi saya selama pengerjaan skripsi ini.
7. Keluarga UKM EINSTEIN yang telah memberi pengalaman berharga yang belum pernah saya dapat sebelumnya.
8. Keluarga PPI Darussalam Jember (mas agus, mas mandalla, abiem dll) yang selalu memberi semangat baru ketika hati dan raga tidak lagi berjalan beriringan
9. Almamater Teknik Elektro Universitas Jember.

MOTTO

“Dan apabila hamba-hambaku bertanya kepadamu tentang aku, maka (jawablah) bahwasanya aku adalah dekat”

(Terjemahan QS. Al-Baqarah ayat 186)

“Sudah seharusnya sebagai seorang hamba Allah SWT selalu berhusnudzon terhadap setiap ujian apapun yang telah ditimpakan, kita harus selalu yakin bahwa yang telah digariskan Allah SWT jauh lebih indah. Belatipun juga harus menerima perihnya asahan untuk menjadikannya tajam, jangan sampai keterbatasan ilmu yang dimiliki menjadikan kita memiliki prasangka negatif terhadapnya”

(Setya Budi)

“Nikmat itu akan selalu ada tatkala kita mau menyadari serta mensyukuri apapun itu”

(Almh. Enin Lutfi Sundari, S.Pd.)

“ Life is not look for perfection, but life is to repair ”

(Almh. Enin Lutfi Sundari, S.Pd.)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Setya Budi

NIM : 161910201086

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Pengaruh Lebar Celah Dan Jarak Antar Magnet Terhadap Daya Dan Jarak Tempuh Kapal Pada *Channel Tipe Hall*” 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 dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 03 Juli 2020

Yang menyatakan

Setya Budi
NIM.161910201086

SKRIPSI

**ANALISIS PENGARUH LEBAR CELAH DAN JARAK ANTAR
MAGNET TERHADAP DAYA DAN JARAK TEMPUH KAPAL
PADA MHD CHANNEL TIPE HALL**

Oleh
Setya Budi
NIM 161910201086

Pembimbing :

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

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Widyono Hadi, M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "Analisis Pengaruh Lebar Celah Dan Jarak Antar Magnet Terhadap Daya Dan Jarak Tempuh Kapal Pada *Channel Tipe Hall*" Telah diuji dan disahkan pada :

Hari, Tanggal : Jumat, 03 Juli 2020

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Anggota I,

Dr. Triwahju Hardianto S.T., M.T.
NIP 19700826199702 1 001

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 19610414198902 1 001

Anggota II,

Anggota III,

Suprihadi Prasetyono, S.T., M.T.
NIP 19700404199601 1 001

Widya Cahyadi, S.T., M.T.
NIP 19851110201404 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Jember,

Dr. Triwahju Hardianto S.T., M.T.
NIP 19700826199702 1 001

RINGKASAN

Analisis Pengaruh Lebar Celah Dan Jarak Antar Magnet Terhadap Daya Dan Jarak Tempuh Kapal Pada *Channel Tipe Hall*: Setya Budi, 161910201086: 2020: 86 halaman: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penggunaan energi listrik untuk setiap tahunnya yang semakin meningkat menjadikan penggunaan energi harus digunakan dengan cerdas, konsumen dituntut dapat menggunakan energi listrik dengan bijak, serta Para peneliti dan pembuat alat elektronik dituntut agar berupaya peralatan elektronik dapat digunakan dengan daya yang minimal dengan hasil yang maksimal. Efisiensi yang baik pada alat elektronik dapat mampu menekan penggunaan energi listrik yang tidak perlu karena rugi rugi daya yang ditimbulkan.

Magnetohidrodinamika yang memanfaatkan medan magnetik dan cairan atau fluida untuk dirubah menjadi energi gerak merupakan salah satu upaya pengganti penggerak kapal dari sistem penggerak propeler. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Muhammad Mawahib pada tahun 2017 dengan judul “Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak Magnetik Pada Kapal Dengan Menggunakan Channel Tipe *Hall Connection*”, dimana penelitian tersebut merupakan penelitian rancang bangun kapal MHD dengan menggunakan channel yang berbeda jenis dari penelitian sebelumnya, sedangkan pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lebar celah dan jarak antar magnet terhadap daya dan kecepatan kapal.

Pada penelitian ini fokus penelitian yaitu untuk mengetahui pengaruh lebar celah *channel* terhadap daya dan kecepatan kapal pada *channel type hall connection* dengan sistem perubahan lebar celah *channel* yang kemudian secara tidak langsung akan mempengaruhi jarak antar magnet dan lebar ruang perpotongan medan magnet *channel type hall connection*, dari perubahan tersebut didalam penelitian ini akan meneliti pengaruh perubahan tersebut terhadap kecepatan dan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal MHD serta mencari nilai efisiensi daya dorong yang dikeluarkan dari keempat channel percobaan yang dibuat.

Dari penelitian analisa pengaruh lebar celah dan jarak antar magnet terhadap daya dorong dan kecepatan kapal MHD channel tipe hall yang telah dilakukan ini, dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya adalah nilai rata rata arus yang semakin besar ketika lebar celah channel semakin kecil yang mana nilai arus terbesar terjadi saat channel berukuran 120mm x 21mm x 25mm dengan arus rata rata 8,12A. Kemudian kecepatan kapal tercepat untuk menempuh jarak 300mm adalah ketika channel yang digunakan berukuran 120mm x 23 mm x 25mm yang dapat menempuh dengan kecepatan 0,0193548 m/s, setelah itu dari penelitian ini juga didapatkan nilai daya dorong yang dikeluarkan terbesar ketika ukuran channel yang terkecil dari penelitian ini yakni 120mm x 21mm x 25mm yang menghasilkan daya sebesar 227,635 Watt, akan tetapi nilai efisiensi yang terbesar terjadi saat menggunakan channel ukuran 120mm x 23mm x 25mm dengan efisiensi sebesar 5,59%. Dari beberapa kesimpulan yang telah didapatkan maka dapat ditarik kesimpulan secara keseluruhan bahwa lebar celah dan jarak antar magnet sangat mempengaruhi terhadap daya dorong kapal yang dikeluarkan dan kecepatan jarak tempuh kapal. Sehingga dari empat percobaan tersebut didapatkan ukuran yang paling optimal untuk mendapatkan kecepatan dengan efisiensi daya dorong paling besar yakni saat menggunakan ukuran channel 120mm x 23mm x 25mm dengan menggunakan ukuran magnet 120mm x 20mm x 10mm.

Kata Kunci: Lebar celah, Penggerak MHD, Daya Dorong

SUMMARY

ANALYSIS OF AIR GAP EFFECT AND SPACE BETWEEN MAGNETS ON SHIP POWER AND DISTANCE OF HALL TYPE MHD CHANNEL : Setya Budi, 161910201086: 2020: 86 pages: Electrical Engineering, Engineering Faculty, University of Jember

The increasing use of electrical energy for each year makes use of energy to be used intelligently, consumers must use the electrical energy are wisely, as well as researchers and electronic tool makers must make electronic equipment tools with minimal power and maximum results. Good efficiency in electronic tools can be able to suppress the unnecessary use of electrical energy because it can be loss especially in power inflicted.

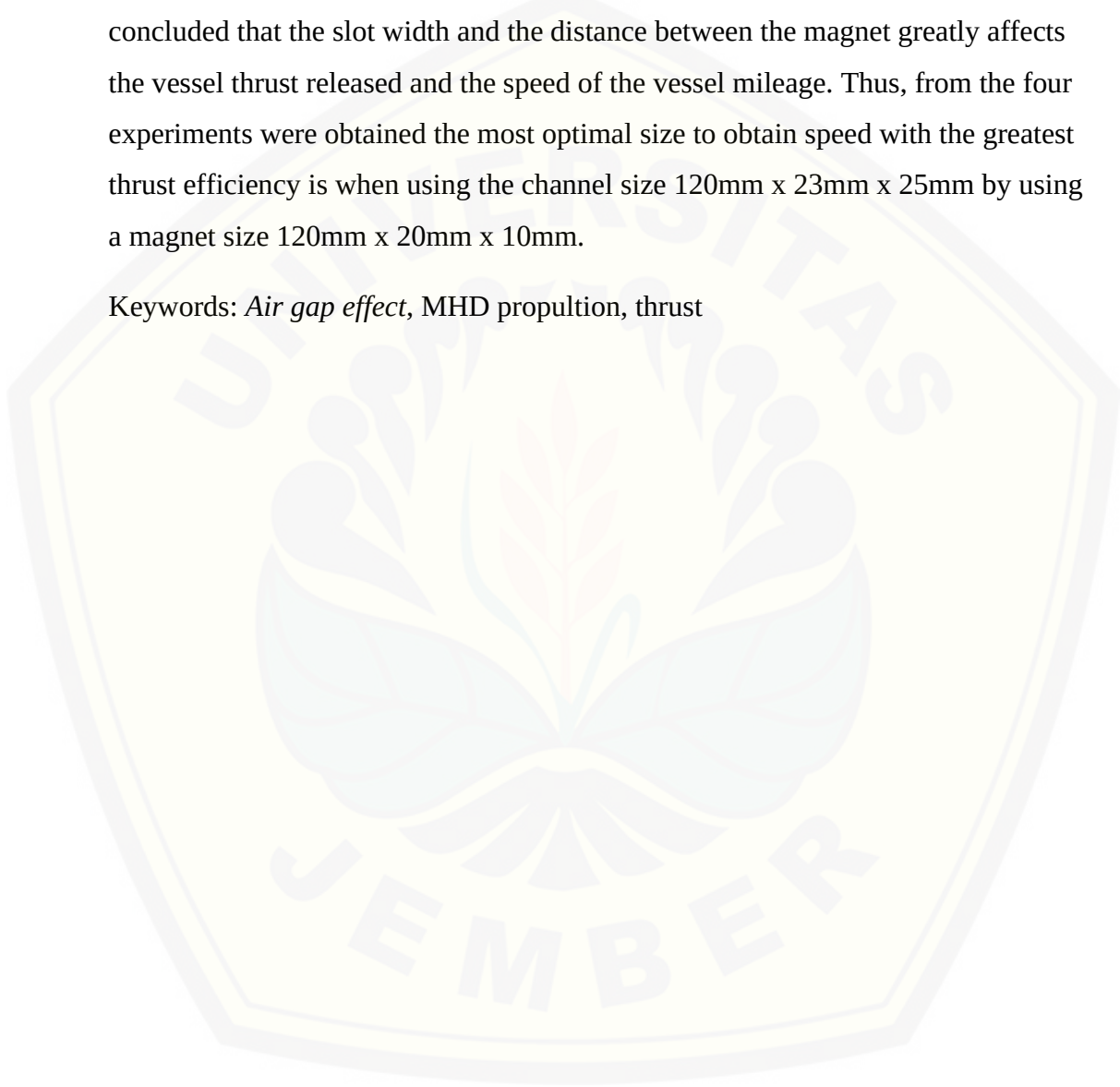
Magnetohydrodynamics that utilize magnetic fields and liquids or fluids to be transformed into motion energy are among the attempts of a replacement drive vessel from the Propeler drive system. In previous research conducted by Muhammad Mawahib in 2017 with the title "Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak Magnetik Pada Kapal Dengan Menggunakan Channel Tipe *Hall Connection*", the research is about draft of MHD vassel using a different channel from the previous research, while in this study aims to know the impact of slot width and the distance between magnet and vessel speed.

This research focuses on figuring out the influence of the channel slot width to the power and speed of the vessel on the channel Type Hall connection with change system of the channel slot width then it will indirectly affect the distance between the magnet and the space width of the magnetic field intersection channel Type Hall connection, therefore this study will examine the impact of the change on the speed and power required to move the MHD vessels as well as to look for the thrust efficiency values released from the fourth test channels created.

From the analysis of the influence of the slot width and the distance between the magnet to the thrust and speed of the vessel-type Hall MHD channel that has been done, can be taken some conclusions of which is the more greater average value of the flow and the more smaller channel slot width, which is the largest flow value of the channel is 120mm x 21mm x 25mm with flow average is 8,12A. Then

the fastest vessel speed to travel 300mm is when the channel used 120mm x 23 mm x 25mm that can travel at a speed of 0.0193548 m/s, after that it is also obtained the value of the thrust of the largest released when the smallest channel size of the study is 120mm x 21mm x 25mm with generates a power of 227.635 Watt, but the biggest efficiency value occurs when using a channel size 120mm x 23mm x 25mm with a efficiency of 5.59%. From the conclusions that have been obtained, it can be concluded that the slot width and the distance between the magnet greatly affects the vessel thrust released and the speed of the vessel mileage. Thus, from the four experiments were obtained the most optimal size to obtain speed with the greatest thrust efficiency is when using the channel size 120mm x 23mm x 25mm by using a magnet size 120mm x 20mm x 10mm.

Keywords: *Air gap effect*, MHD propulsion, thrust



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Lebar Celah Dan Jarak Antar Magnet Terhadap Daya Dan Jarak Tempuh Kapal Pada *Channel Tipe Hall*”. 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. Bapak Dr. Triwahju Hardianto S.T., M.T. selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Jember.
2. Bapak Dr. Triwahju Hardianto S.T., M.T. selaku dosen pembimbing utama dan Bapak Ir. Widyono Hadi, M.T. selaku dosen pembimbing anggota yang telah rela meluangkan waktu, pikiran serta motivasi dalam penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Suprihadi Prasetyono, ST., M.T. selaku dosen penguji utama dan Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T. selaku dosen penguji anggota yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga sangat membantu terhadap penyempurnaan skripsi ini.
4. Ibu Ike Fibriani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan menanamkan rasa disiplin dan tanggung jawab dengan apa yang dilakukan selama penulis menjadi mahasiswa.
5. Bapak Widya Cahyadi, S.T., M.T. selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif.
6. Kedua orang tua tercinta, Bapak Siyaji dan Ibu Mulyani serta almh. kakak tercinta Enin Lutfi Sudari S.Pd. dan juga mas Yusron Rozak terimakasih atas kasih sayang, pengorbanan, dan kesabaran yang tiada tara serta doa yang selalu menyertai.
7. Kepada teman-teman seperjuangan asiaten Laboratorium Sistem Kendali Fakultas Teknik Universitas Jember yang selalu saling mendukung satu sama lain dalam penyusunan skripsi.
8. Septian Andi Nugroho yang menjadi partner dalam mengerjakan alat penelitian dan penyusunan skripsi.

9. Keluarga PPI Darussalam Kyai Ahmad Mahdi, Nyai Maliha, dan Nyai Zubaidah selaku pengasuh kemudian ibu Raudah, ibu Lilik, mas fajar dan H.syafi'i yang selalu memberikan kasih sayang perhatian yang berarti serta rekan rekan pondok Mas Agus, Mas Mandalla, Abiem, dll yang selalu memberi nasehat, semangat, dan kebutuhan batin yang tidak akan pernah terlupakan.
10. Rekan-rekan Fakultas Teknik Universitas Jember khususnya rekan-rekan Teknik Elektro Angkatan 2016 yang tidak dapat disebutkan satu per satu, selama ini telah memberikan pengalaman hidup selama penulis menjadi keluarga Fakultas Teknik Universitas Jember.
11. Keluarga kelompok KKN 250 hida, bagus, tania, uud, dyah, prima, popy, dan shavira yang telah memberikan pengalaman, dukungan, dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
12. Keluarga UKM EINSTEIN yang telah memberikan pengalaman, dukungan, dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
13. Serta seluruh pihak yang telah membantu dalam mengerjakan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu.

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

Jember, 03 Juli 2020

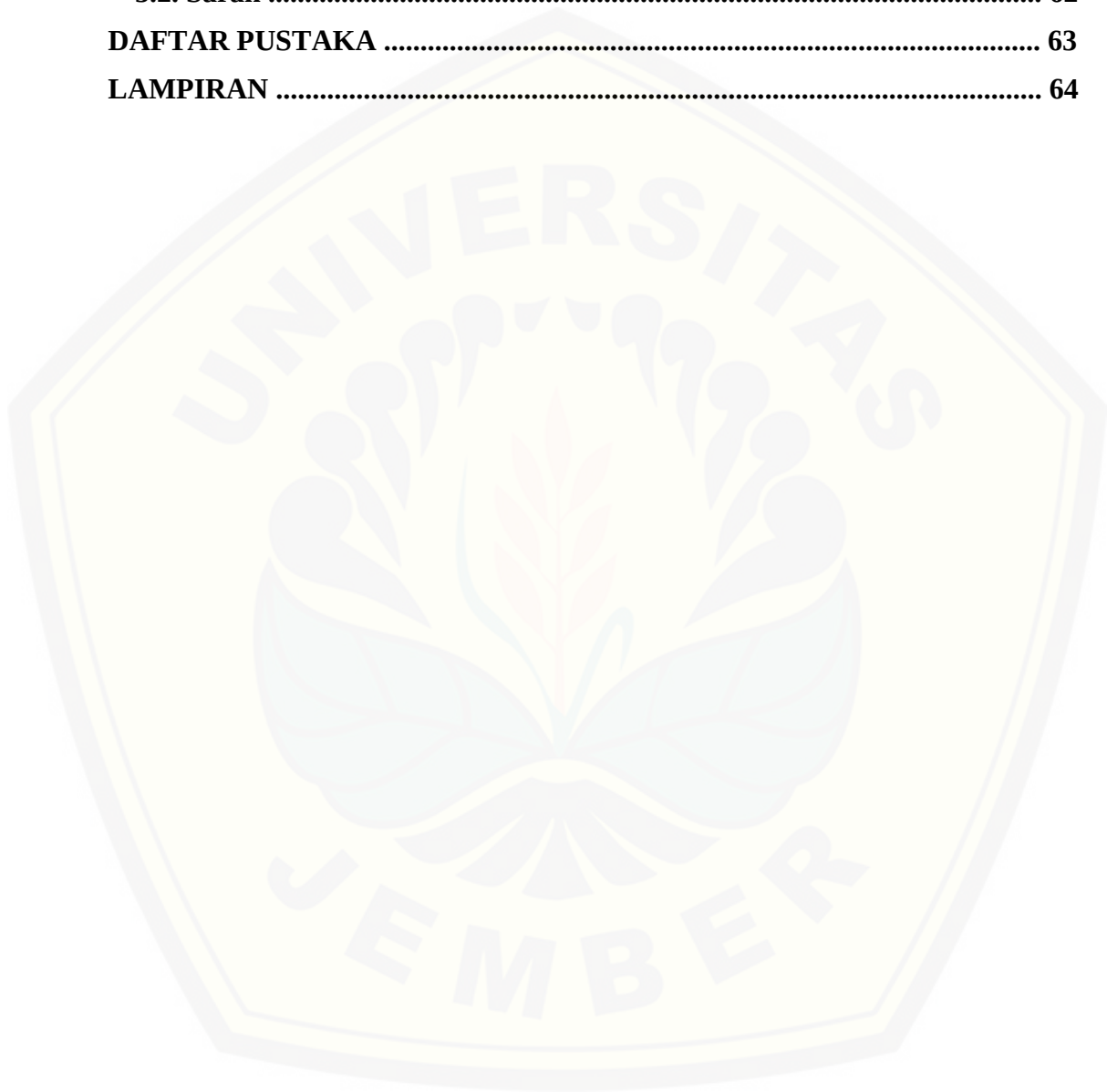
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
<u>HALAMAN PERSEMBAHAN</u>	iii
<u>HALAMAN MOTTO</u>	iv
<u>HALAMAN PERNYATAAN</u>	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
<u>HALAMAN PENGESAHAN</u>	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2. 1. Magnet	5
2. 2. Medan Magnet	5
2. 3. Magnet <i>Neodymium Iron Boron</i>	7
2. 4. <i>Channel Hall Connection</i>	11
2. 5. Magnetohidrodinamika	13
2. 6. Arduino UNO	14
2. 7. Sensor	16
2.7.1 Sensor Arus ACS712	16
2.7.2 Sensor Tegangan	17
2. 8. Data Logger	18
2.9. Gaya Lorenz	19
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	21
3.2 Tahapan Penelitian	21

3.3 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian	23
3.4 Alat dan Bahan	24
3.5 Diagram Alir Penelitian	25
3.6 Blok Diagram Sistem	27
3.7 Perancangan Rangkaian	28
3.7.1 Rangkain Sensor Tegangan	29
3.7.2 Rangkain Sensor Arus	29
3.7.3 Rangkaian <i>Driver</i> Mosfet	29
3.7.4 Baterai	30
3.7.5 Rangkaian RTC.....	30
3.7.6 Arduino UNO	30
3.7.7 LCD	30
3.7.8 Modul SD Card	30
3.8 Channel Kapal dan Desain Kapal	31
3.9 Flow Chart Pengambilan Data Pengaruh Lebar Channel	35
3.10 Pengambilan Data Pengaruh Lebar Celah Channel	34
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Pengujian Modul	35
4.2 Pengujian data <i>logger</i>	35
4.3 Pengujian LCD	37
4.4 Pengujian Sensor Arus	39
4.5 Pengujian Sensor Tegangan	40
4.6 Pengujian PWM	43
4.7 Analisa Kerapatan Medan Magnet Terhadap Dimensi Lebar Celah Channel	45
4.7.1 Perhitungan kerapatan medan magnet menggunakan lebar celah 120 mm x 27 mm x 25 mm	45
4.7.2 Perhitungan kerapatan medan magnet menggunakan celah 120mm x 25mm x 25 mm	46
4.7.3 Perhitungan kerapatan medan magnet menggunakan celah 120mm x 23mm x 25 mm	47
4.7.4 Perhitungan kerapatan medan magnet menggunakan celah 120mm x 21mm x 25 mm	48
4.8 Pengujian <i>Prototype</i> Kapal Magnetohidrodinamika	49
4.8.1 Pengujian 1. Ukuran <i>channel</i> 120mm x 27mm x 25mm	50

4.8.2 Pengujian 2. Ukuran <i>channel</i> 120mm x 25mm x 25mm	52
4.8.3 Pengujian 3. Ukuran <i>channel</i> 120mm x 23mm x 25mm	54
4.8.4 Pengujian 4. Ukuran <i>channel</i> 120mm x 21mm x 25mm	54
BAB 5. PENUTUP	61
5.1. Kesimpulan	61
5.2. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN	64



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Arah medan magnet yang dihasilkan dari sebuah muatan listrik yang bergerak (Sumber: Ishaq, 2007).	6
Gambar 2. 2 Interaksi dua kutub magnet yang didekatkan (Sumber: Gaguk, 2019)	7
Gambar 2. 3 Struktur Kristal Magnet (Sumber: Novriati dan Dedy, 2016)	9
Gambar 2. 4 Bentuk dan bagian-bagian channel MHD	11
Gambar 2. 5 Ilustrasi Kapal Magnetohidrodinamika (Wiley dan Sons, 1992)	13
Gambar 2. 6 Mode Generator dan Mode Akselerator	14
Gambar 2. 7 <i>Board</i> Arduino UNO	15
Gambar 2. 8 Sensor Arus ACS712	17
Gambar 2. 9 Rangkain Sensor Tegangan	18
Gambar 2. 10 Modul data logger	19
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem	27
Gambar 3. 3 Rangkaian Kapal MHD	29
Gambar 3. 4 Channel Type Hall connection MHD Tampak Samping	31
Gambar 3. 5 Tampak Depan <i>Channel Type Hall connection</i> MHD	31
Gambar 3. 6 Desain Kapal MHD Tampak Atas dan Tampak Atas	33
Gambar 3. 7 Desain Kapal MHD Tampak Atas dan Tampak Bawah	33
Gambar 3. 8 Desain Kapal MHD Tampak Atas dan Tampak Samping	34
Gambar 3. 9 Desain Kapal MHD Tampak Atas dan Tampak Depan	34
Gambar 3. 10 <i>Flowchart</i> Pengambilan Data	35
Gambar 4. 1 Rangkaian pengambil data	35
Gambar 4. 2 <i>Library</i> SD Card data logger Menggunakan Arduino dan I2C	37
Gambar 4. 3 Pengujian LCD Pada Arduino	38
Gambar 4. 4 Tampilan LCD pada kapal	38
Gambar 4. 5 Modul sensor arus ACS712.....	39

Gambar 4. 6 Grafik hubungan antara Arus dan nilai keluaran ADC sensor	40
Gambar 4. 7 Grafik hubungan antara Tegangan dan nilai keluaran ADC sensor .	42
Gambar 4. 8 Pengujian sensor tegangan dengan multimeter	43
Gambar 4. 9 Grafik Pengujian output PWM	44
Gambar 4. 10 Pengaruh perubahan ukuran channel dan jarak antar magnet terhadap arus	56
Gambar 4. 11 Pengaruh perubahan ukuran channel dan jarak antar magnet terhadap terhadap jarak tempuh Kecepatan kapal	57
Gambar 4. 12 Pengaruh Perubahan ukuran channel dan jarak antar magnet terhadap Medan Magnet	57
Gambar 4. 13 Pengaruh Perubahan ukuran channel dan jarak antar magnet terhadap terhadap daya dorong (Pp)	58
Gambar 4. 14 Pengaruh perubahan ukuran channel dan jarak antar magnet terhadap efisiensi daya	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Fisik Neodymium (Novriati dan Dedi, 2006)	9
Tabel 2. 2 Datasheet Magnet Neodymium (Wikipedia, 2009)	10
Tabel 3. 1 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian	23
Tabel 3. 2 Pengambilan data pengaruh lebar celah <i>channel</i>	34
Tabel 4. 1 Sambungan pin SD card dengan Arduino	36
Tabel 4. 2 Sambungan pin Modul RTC dengan Arduino	36
Tabel 4. 3 Pengujian keluaran nilai ADC sensor arus ACS712- 20A-T dengan keluaran nilai ADC sensor.	40
Tabel 4. 4 Hasil kalibrasi tegangan uji coba dengan keluaran ADC Sensor Tegangan	41
Tabel 4. 5 Hasil pengujian Sensor Tegangan dengan Multimeter	42
Tabel 4. 6 Pengujian nilai output dari PWM	44
Tabel 4. 7 Dimensi magnet dan kerapatan medan magnet.....	49
Tabel 4. 8 Pengujian kapal dengan tegangan channel 24V	50
Tabel 4. 9 Pengujian kapal dengan tegangan tegangan channel 24V	52
Tabel 4. 10 Pengujian kapal dengan tegangan channel 24V	54
Tabel 4. 11 Pengujian kapal dengan tegangan channel 24V	54
Tabel 4. 12 Pengaruh perubahan lebar celah channel dan jarak antar magnet terhadap daya dorong dan waktu tempuh kecepatan kapal.	56

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan energi fosil yang tidak dapat diperbarui telah banyak digunakan untuk kebutuhan manusia, salah satunya untuk membangkitkan energi listrik yang berdampak pada cadangan energi fosil yang setiap harinya semakin menipis. Wakil Menteri Energi Sumber Daya Mineral (ESDM), Arcandra Tahar, mengatakan saat ini Indonesia memiliki cadangan minyak bumi sekitar 3,3 miliar barel. Dengan asumsi produksi konstan 800.000 per hari tanpa adanya temuan cadangan baru, maka dalam 11 hingga 12 tahun ke depan Indonesia diperkirakan tidak mampu memproduksi minyak bumi lagi. Kekhawatiran ini juga dirasakan energi listrik yang masih menggunakan sumber energi dari minyak bumi. Hal ini juga sangat berpengaruh pada system perkapalan Indonesia yang masih menggunakan solar sebagai bahan bakarnya. Oleh karena itu, saat ini banyak peneliti melakukan penelitian untuk menggantikan penggerak kapal sistem *propeller*.

Penggunaan energi listrik untuk setiap tahunnya yang semakin meningkat menjadikan penggunaan energi harus digunakan dengan cerdas, konsumen dituntut dapat menggunakan energi listrik dengan bijak seperti mematikan peralatan elektronik saat tidak dipakai untuk mencegah pemborosan dalam penggunaannya. Para peneliti dan pembuat alat elektronik juga terus berupaya agar peralatan elektronik dapat digunakan dengan daya yang minimal dengan hasil yang maksimal. Efisiensi yang baik pada alat elektronik dapat mampu menekan penggunaan energi listrik yang tidak perlu karena rugi rugi daya.

Penelitian ini juga dilatar belakangi oleh penelitian yang berjudul “Perancangan Generator Fluks Aksial Putaran Rendah Magnet Permanen Jenis Neodymium (NdFeB) Dengan Variasi Celah Udara” (Dimas W, 2013), dalam penelitian tersebut telah membuktikan bahwa perubahan celah udara dapat mempengaruhi output tegangan generator yang dapat berubah pada setiap perubahan celah udara yang dibuat. Prinsip dari sebuah generator atau motor memiliki sebuah sifat yang sama dengan prinsip MHD baik generator atau penggerak, yaitu sama sama memanfaatkan sebuah medan magnet untuk

membangkitkan tegangan listrik dari energi mekanik (gerak) ataupun menjadi motor untuk merubah sinyal listrik menjadi energi gerak. Dari kesamaan itulah peneliti ingin mengetahui apakah celah udara dapat mempengaruhi juga pada output penggerak MHD yang berupa daya dan kecepatan.

Magnetohidrodinamika yang menggunakan energi alternatif merupakan salah satu upaya pengganti penggerak kapal dari sistem penggerak propeler. Magnetohidrodinamika terdiri dari kata *magneto* yang berarti medan magnetik kemudian *hydro* yang memiliki arti cairan atau fluida, dan *dynamic* yang memiliki arti pergerakan. Menurut tanoto mahasiswa teknik elektro Universitas Indonesia yang ditulis pada tahun 2009 mengatakan bahwa Magnetohidrodinamika (MHD) 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.

Salah satu bagian utama dari magnetohidrodinamika adalah *channel* kapal yaitu sebagai tempat perpotongan medan magnet dengan arus listrik yang mana *Channel* kapal yang digunakan adalah *type Hall connection* dimana kedua *elektrodanya* kutub yang sama saling berhadapan. Dalam *channel* kapal terdapat magnet yang memiliki fungsi sangat penting, karena kapal magnetohidrodinamika bergerak akibat timbulnya gaya *Lorentz*, dimana arus listrik yang dikirimkan berpotongan dengan medan magnet di dalam air laut (plasma).

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Dwi Suputera Adi tahun 2015 yang berjudul “Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak (*Magnetic Propulsion*)”. pada penelitian kedua yang dilakukan oleh Nur Dwi Ratno tahun 2016 dengan mengangkat judul “Rancang Bangun Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak Pada Kapal Dengan Menggunakan Tipe Kanal *Diagonal Conducting Wall*”. Yang terbaru penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Mawahib pada tahun 2017 dengan judul “Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak Magnetik Pada Kapal Dengan Menggunakan Channel Tipe *Hall Connection*”. Dari ketiga penelitian tersebut merupakan penelitian rancang bangun kapal MHD dengan menggunakan channel yang berbeda dari setiap penelitian. Parameter yang diambil dari penelitian

ini adalah perbandingan dari konfigurasi channel yang berbeda dengan menggunakan satu ukuran channel dari setiap konfigurasi channel.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Mawahib pada tahun 2017 dengan judul “Pemanfaatan Magnetohidrodinamika Sebagai Energi Penggerak Magnetik Pada Kapal Dengan Menggunakan Channel Tipe *Hall Connection*” dimana *channel* kapal hanya menggunakan dua ukuran yakni 120mm x 25mm x 25mm dan 120mm x 22mm x 15mm dan magnet ukuran 90mm x 22mm x 15mm dan 120mm x 22mm x 15 mm karena pada penelitian tersebut dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh *channel type hall connection* terhadap tegangan dan arus pada kecepatan kapal dan kekuatan daya dorong yang dihasilkan kapal MHD dengan membandingkan kapal menggunakan *channel type faraday*, tentu dalam penelitian tersebut masih dapat dikembangkan kembali, oleh karena itu dalam penelitian kali ini akan melanjutkan penelitian tersebut dengan meneliti pengaruh lebar celah *channel* terhadap daya dan kecepatan kapal pada *channel type hall connection* dengan sistem perubahan lebar celah *channel* yang kemudian secara tidak langsung akan mempengaruhi jarak antar magnet dan lebar ruang perpotongan medan magnet *channel type hall connection*, dari perubahan tersebut didalam penelitian ini akan diteliti pengaruh perubahan tersebut terhadap kecepatan dan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal MHD.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian kali ini, penyusun membuat batasan masalah yang bertujuan agar penelitian dapat fokus dalam penelitian yang dilakukan yaitu :

1. Apa pengaruh perubahan celah *channel* terhadap daya yang dikeluarkan oleh kapal ?.
2. Bagaimana perbandingan pengaruh perubahan celah *channel* terhadap daya dan kecepatan kapal pada setiap *channel* yang dibuat?.
3. Apa kelebihan dan kekurangan dari Perbandingan setiap desain channel kapal yang diteliti?.

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian kali ini, penyusun membuat batasan masalah yang bertujuan agar penelitian dapat fokus dalam penelitian yang dilakukan yaitu antara lain:

1. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino UNO.
2. Penelitian menggunakan kapal *prototype*.

3. Panjang lintasan yang digunakan adalah 1,5m x 0,5m.
4. Kapasitas baterai yang digunakan maksimum sebesar 24V.
5. Air yang digunakan adalah air laut yang didapat dari bibir pantai dan tidak menghitung kadar garam yang ada didalamnya.
6. Analisa data berdasarkan data lapangan tanpa membandingkan data simulasi.
7. Penelitian menggunakan 4 *channel* secara bergantian dengan ukuran lebar *channel* yang berbeda-beda yaitu 120mm x 27mm x 25mm, 120mm x 25mm x 25mm, 120mm x 23mm x 25mm, dan 12mm x 21mm x 25mm
8. Dimensi Magnet 30 mm x 20 mm x 10 mm
9. Nilai medan magnet berubah mengikuti perubahan celah *channel*

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan analisis rumusan masalah yang telah diberikan, maka dapat memberikan tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh lebar ruang *channel* terhadap daya dan kecepatan kapal.
2. Mengetahui pengaruh kerapatan medan magnet yang ada pada setiap *channel* yang dibuat terhadap daya dan kecepatan kapal.
3. Mengetahui perhitungan setiap kerapatan medan magnet dan ruang *channel type hall connection* dari setiap penelitian *channel* yang telah dilakukan.

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangsi positif terhadap ilmu pengetahuan dibidang pengembangan energi terbarukan, khususnya dalam pemanfaatan energi magnetohidrodinamika sebagai penggerak kapal, yang bisa memberikan tambahan wawasan bagi peneliti selanjutnya mengenai pengoptimalan melalui efisiensi jarak magnet dan ruang perpotongan medan magnet pada *channel*, demi mewujudkan target dunia untuk mengurangi penggunaan energi fosil.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. Magnet

Magnet adalah logam yang dapat menarik besi atau baja dan memiliki medan magnet. Asal kata magnet diduga dari kata magnesia yaitu nama suatu daerah di Asia kecil. Menurut cerita di daerah itu sekitar 4.000 tahun yang lalu telah ditemukan sejenis batu yang memiliki sifat dapat menarik besi atau baja atau campuran logam lainnya. Benda yang dapat menarik besi atau baja inilah yang disebut magnet (Suryatin, 2008).

Magnet dapat dibuat dari bahan besi, baja, dan campuran logam serta telah banyak dimanfaatkan untuk industri otomotif dan lainnya. Sebuah magnet terdiri atas magnet-magnet kecil yang memiliki arah yang sama (tersusun teratur), magnet-magnet kecil ini disebut magnet elementer. Pada logam yang bukan magnet, magnet elementernya mempunyai arah sembarangan (tidak teratur) sehingga efeknya saling meniadakan, yang mengakibatkan tidak adanya kutubkutub magnet pada ujung logam. Setiap magnet memiliki dua kutub, yaitu: utara dan selatan. Kutub magnet adalah daerah yang berada pada ujung-ujung magnet dengan kekuatan magnet yang paling besar berada pada kutub-kutubnya (Afza, 2011).

Benda dapat dibedakan menjadi dua macam berdasarkan sifat kemagnetannya yaitu benda magnetik dan benda non-magnetik. Benda magnetik adalah benda yang dapat ditarik oleh magnet, sedangkan benda non-magnetik adalah benda yang tidak dapat ditarik oleh magnet (Suryatin, 2008).

Contoh benda magnetik adalah logam seperti besi dan baja, namun tidak semua logam dapat ditarik oleh magnet, sedangkan contoh benda non-magnetik adalah oksigen cair. Satuan intensitas magnet menurut sistem metrik Satuan Internasional (SI) adalah Tesla dan SI unit untuk total fluks magnetik adalah weber ($1 \text{ weber/m}^2 = 1 \text{ tesla}$) yang mempengaruhi luasan satu meter persegi (Afza, 2011).

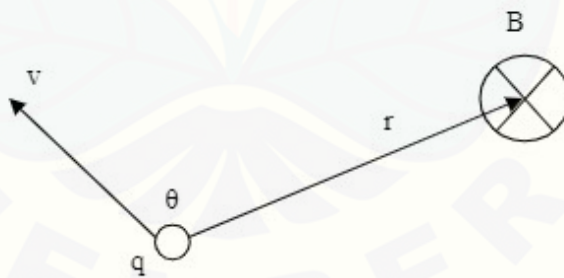
2. 2. Medan Magnet

Medan magnet adalah medan gaya yang konservatif, sebagaimana usaha oleh muatan magnet yang bergerak dari satu titik ke titik lainnya tak tergantung lintasan yang ditempuhnya, khususnya usaha dari satu titik kembali ke titik itu lagi adalah nol. Menurut hasil tersebut, usaha sepanjang garis gaya

sekeliling arus listrik tidaklah nol melainkan sama dengan arus yang dikelilinginya. Hal ini tentu disebabkan oleh sifat rotasional garis gaya medan magnet arus listrik. Namun demikian, menurut Ampere, karena sifat konservatif medan magnet, usaha dari satu titik ke titik itu lagi, meskipun tidak sepanjang garis gaya, akan sama dengan arus yang dikelilinginya (Soedoyo, 2000).

Medan magnet dapat dihasilkan tidak hanya oleh sebatang magnet alami, namun juga dapat dihasilkan dari listrik, hal ini ternyata karena sebuah muatan yang bergerak akan menghasilkan medan magnet di sekitarnya. Gejala ini pertama kali ditemukan oleh Oersted ketika secara tak sengaja mengamati penyimpangan jarum kompas karena kawat berarus listrik di dekatnya. Oersted mengamati bahwa jika arus listrik berarah ke kanan, maka kutub utara kompas akan bergerak menjauhi kawat (Ishaq, 2007).

Medan magnet dapat dihasilkan dari suatu muatan listrik q yang bergerak dengan kecepatan v . Medan magnet yang dihasilkan pada jarak r dari muatan bergerak q .



Gambar 2. 1 Arah medan magnet yang dihasilkan dari sebuah muatan listrik yang bergerak (Sumber: Ishaq, 2007).

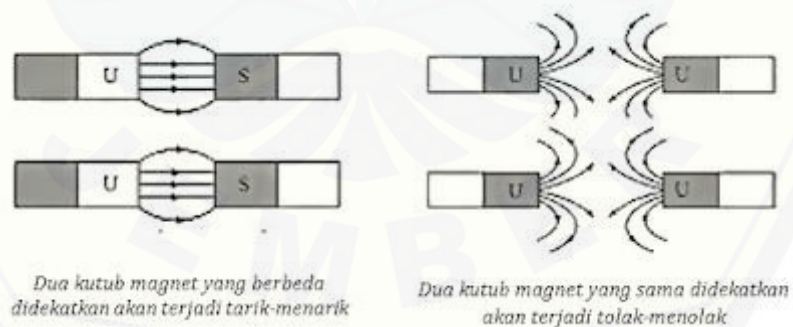
Karena medan magnet dapat timbul pada muatan yang bergerak, maka dapat dipastikan bahwa kawat berarus listrik akan menimbulkan medan magnet, hal ini karena arus merupakan muatan listrik yang bergerak. Arah dari medan magnet dapat dilihat melalui aturan-tangan-kanan. Aturan-tangan-kanan berarti : jika empat jari tangan kanan kita mengepal dan dengan ibu jari menunjukkan arah

arus listrik pada kawat, maka keempat jari yang mengepal tersebut menunjukkan arah medan magnet di sekitar kawat berarus (Ishaq, 2007).

Kuat medan magnet arus listrik merupakan jumlah dari kontribusi masing-masing bagian atau elemen panjang arus listrik itu. Biot-Savart berpendapat bahwa kuat medan magnet itu berbanding terbalik dengan kuadrat jaraknya dari elemen arus dengan arah menyilang tegak lurus arah elemen tersebut. Kecuali sebanding dengan panjang elemen arus sebagaimana kelihatan dari tempat mana kuat medan magnet itu (Soedoyo, 2000).

Pada dua batang magnet yang didekatkan, maka akan terjadi gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antara kedua magnet tersebut. Gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antara dua magnet terjadi karena di sekitar magnet terdapat medan magnetik. Gaya tolak-menolak terjadi pada saat kedua kutub magnet sama dan gaya tarik-menarik terjadi pada saat kedua kutub yang berdekatan berbeda.

Pola garis-garis lengkung yang terbentuk ini merupakan pola garis-garis medan magnetik yang disebut garis gaya magnetik. Ruang di sekitar magnet yang mengalami gaya magnetik dinamakan medan magnetik. Medan magnet adalah daerah di sekitar magnet yang menyebabkan sebuah muatan yang bergerak di sekitarnya mengalami suatu gaya. Medan magnet tidak dapat dilihat, namun dapat dijelaskan dengan mengamati pengaruh magnet pada benda lain, misalnya pada serbuk besi. (<http://fisikazone.com/medan-magnet/>)



Gambar 2. 2 Interaksi dua kutub magnet yang didekatkan (Sumber: Gaguk, 2019)

2. 3. Magnet Neodymium Iron Boron

NdFeB dikenal sebagai magnet tanah jarang karena komposisi materialnya tersusun dari unsur-unsur tanah jarang (*rare earth magnets*). Magnet NdFeB

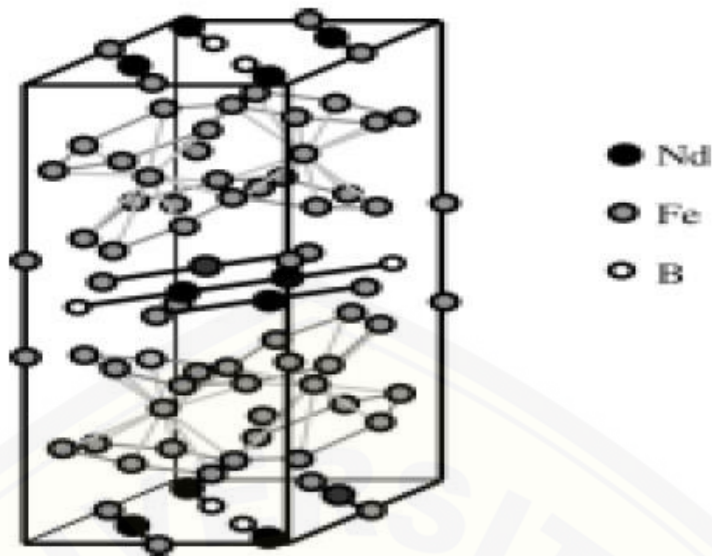
berstruktur kristal tetragonal dan dapat memiliki energi produk maksimum yang besar ($BH_{max} \sim 512 \text{ kJ/m}^3$ atau 64 MGOe), walaupun sedikit lebih mudah terkorosi pada pemakaian yang terbuka. Apabila diperlukan dapat dilapis logam Ni atau Cr untuk meningkatkan ketahanan korosinya (Toni dan Novrita, 2014).

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 $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$.

Karakteristik magnet yang dimiliki NdFeB lebih baik bila dibandingkan dengan magnet permanen lainnya, seperti Ferit, Alnico dan Samarium Cobalt. BH_{max} 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 80o C. (Irasari & Idayanti, 2007).

Karakteristik magnet permanen yang paling tinggi saat ini adalah Neodymium Iron Boron (NdFeB), yang memiliki nilai produk energi maksimum sampai dengan 400 kJm^3 . Sedangkan NdFeB bonded memiliki nilai produk energi maksimum sampai dengan 200 kJm^3 (Nanang S dan Toni K, 2013).

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 2.3 sebagai berikut.



Gambar 2. 3 Struktur Kristal Magnet (Sumber: Novriati dan Dedy, 2016)

Sel satuan NdFeB memiliki struktur kristal tetragonal yang kompleks. Terdiri dari 68 atom. Ada 6 atom besi pada sisi yang berbeda, 2 atom neodmium 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 Strenggth</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 80o C sampai 200o 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.

Tabel 2. 2 Datasheet Magnet Neodymium (Wikipedia, 2009)

Grade	Remanence Br		Coercive Force Hcb		Intrinsic Coercive force Hci		Max Energy Product (BH) max		Max Working Temp.	
	KG	T	KOe	KA/m	KOe	KA/m	MGOe	KJ/m	°C	°F
N35	11.4-11.8	1.18-1.28	≥ 10.8	≥ 836	≥ 12	≥ 955	33-36	263-287	80	176
N38	11.8-12.3	1.18-1.28	≥ 10.8	≥ 860	≥ 12	≥ 955	36-39	287-310	80	176
N40	12.7-12.9	1.27-1.29	≥ 11.0	≥ 876	≥ 12	≥ 955	38-41	303-326	80	176
N42	12.9-13.3	1.29-1.33	≥ 10.5	≥ 836	≥ 12	≥ 955	40-43	318-342	80	176
N45	13.3-13.8	1.33-1.38	≥ 9.5	≥ 756	≥ 12	≥ 955	43-46	342-366	80	176
N48	13.8-14.2	1.38-1.42	≥ 10.5	≥ 835	≥ 12	≥ 955	46-49	366-390	80	176
N50	13.8-14.5	1.38-1.45	≥ 10.5	≥ 835	≥ 11	≥ 955	47-51	374-406	80	176
N52	14.3-14.8	1.43-1.48	≥ 10.8	≥ 860	≥ 11	≥ 876	50-53	398-422	80	176

Medan magnetik pada dua buah magnet balok yang sering dilambangkan dengan B, dapat dihitung dengan persamaan

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

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

Dimana :

B = Medan magnet (Gauss)

Br = Magnet sisa (Gauss)

w = Panjang magnet (mm)

l = lebar magnet (mm)

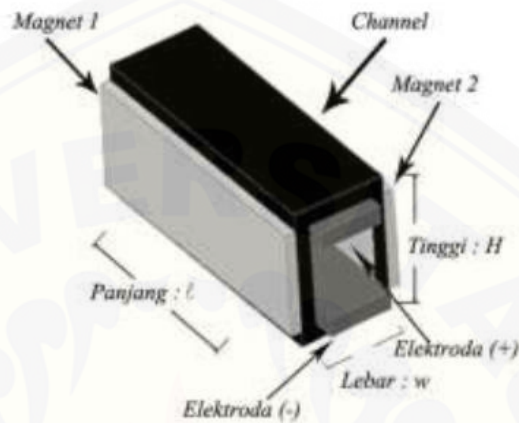
t = ketebalan magnet (mm)

X1 = jarak antar magnet dengan rumus (d/2+x), d adalah jarak sebenarnya (mm)

X2 = jarak antar magnet dengan rumus (d/2-x), d adalah jarak sebenarnya (mm)

2. 4. Channel Hall Connection

Pengertian channel kapal sendiri merupakan sebuah tempat atau wadah terjadinya aliran perpotongan medan magnet didalam air dan ketika diberi sebuah sumber tegangan pada kedua sisi elektroda yang kemudian akan menghasilkan gaya dorong untuk menggerakkan kapal MHD.



Gambar 2. 4 Bentuk dan bagian-bagian channel MHD

(sumber : Triwahju, 2014)

Bagian utama dari channel kapal MHD adalah terdiri dari dua plat elektroda yang dipasang berhadapan dari sisi atas dan bawah channel, disamping kanan dan kiri channel terdapat magnet yang dipasang secara berhadapan pada sisi channel yang kemudian dari ruang tengah kedua magnet tersebut akan membentuk medan magnet dan saat ketika plat elektroda yang dipasang diatas dan bawah channel dialiri sumber listrik akan menimbulkan sebuah gaya dorong yang menimbulkan kapal MHD dapat bergerak.

Channel Hall Connection (Dinding Hantar) merupakan channel dengan posisi elektroda-elektroda saling berhadapan dengan satu arah sumbu hampir sama dengan channel tipe Faraday akan tetapi sumber tegangan inputnya berbeda yaitu channel input tegangannya diletakkan di bagian atas dari elektroda channel.

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

$$P = j \cdot E \dots\dots\dots (2)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

dimana:

P = Kerapatan daya listrik channel (Watt)

j = Kerapatan arus listrik (A/m^2)

E = Kerapatan medan listrik (Wb/m^2)

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

$$Pp = u \cdot j \cdot B \dots\dots\dots (3)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

dimana:

Pp = Daya dorong (Watt)

u = Kecepatan (m/s)

j = Kerapatan arus listrik (A/m^2)

B = Kerapatan medan magnet (Tesla)

Daya dorong didapatkan dengan perumusan sebagai berikut:

$$Pd = P - Pp \dots\dots\dots(4)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

dimana:

Pd = Daya disipasi (Watt)

P = Kerapatan daya listrik channel (Watt)

Pp = Daya dorong komponen Lorentz (Watt)

Efisiensi daya dapat diketahui dengan menggunakan rumus :

$$\eta_a = \frac{u \cdot (j \times B)}{j \cdot E} \dots \dots \dots (5)$$

(RonJ'LitcMord, 2003)

dimana:

η_a = Efisiensi Daya

j = Kerapatan arus listrik (A/m^2)

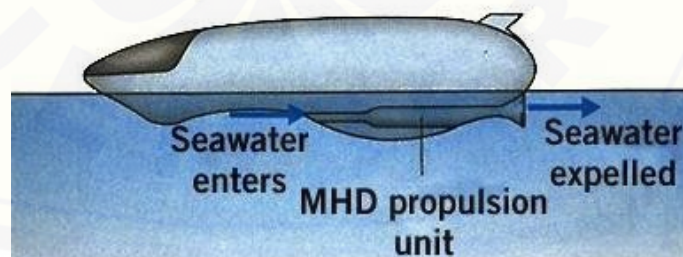
E = Kerapatan medan listrik (Wb/m^2)

u = Kecepatan (m/s)

B = Kerapatan medan magnet (Tesla)

2. 5. Magnetohidrodinamika

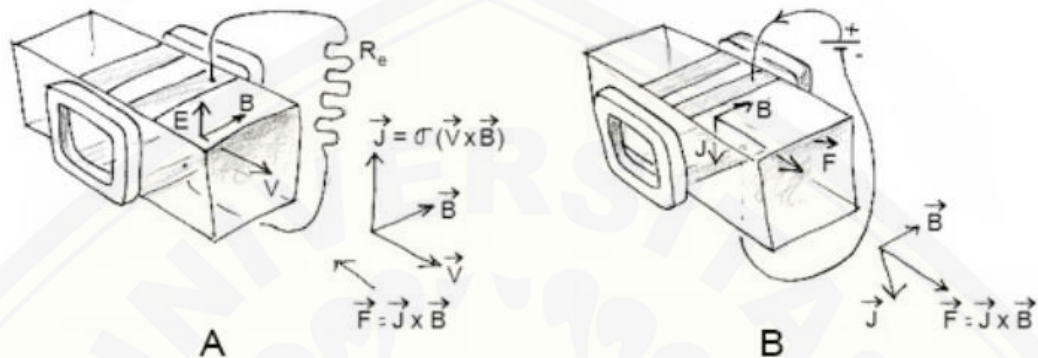
Magnetohydrodynamics (MHD) adalah kerangka fisik-matematika yang menyangkut dinamika medan magnet dalam cairan penghantar listrik, misalnya dalam plasma dan logam cair. Kata magnetohydrodynamics terdiri dari kata magneto- yang berarti magnetik, air yang artinya air (atau cairan) dan dinamika yang mengacu pada pergerakan suatu benda dengan kekuatan. Sinonim dari MHD yang kurang sering digunakan adalah istilah magnetofluiddinamika dan hidromagnetik (Soren B F, 2007).



Gambar 2. 5 Ilustrasi Kapal Magnetohidrodinamika (Wiley dan Sons, 1992)

Titik sentral dari teori MHD adalah bahwa cairan konduktif dapat mendukung medan magnet. Kehadiran medan magnet mengarah pada kekuatan yang pada gilirannya bertindak pada fluida (biasanya plasma), sehingga berpotensi mengubah geometri (atau topologi) dan kekuatan medan magnet itu

sendiri. Masalah utama untuk fluida konduktor tertentu adalah kekuatan relatif dari gerak maju dalam fluida, dibandingkan dengan efek difusi yang disebabkan oleh resistivitas listrik. Topik lain yang termasuk dalam kerangka dasar magnetohidrodinamika meliputi, misalnya turbulensi MHD , gelombang MHD (gelombang Alfven), konveksi-magneto , penyambungan kembali MHD , dan teori dinamo hidromagnetik (Soren B F, 2007).



Gambar 2. 6 Mode Generator dan Mode Akselerator
(Fabrice, 2009)

2. 6. Arduino UNO

Arduino merupakan sebuah sistem minimum mikrokontroler *single board* yang *open source*, lahir dari sebuah Wiring platform yang sengaja dibuat untuk memudahkan dalam membuat program elektronik dalam berbagai bidang. Mikrokontroler yang digunakan dalam arduino adalah Atmel AVR yang memiliki *software* yang menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang lebih mudah dipahami.



Gambar 2. 7 Board Arduino UNO

(Sumber : Arduino.cc)

Kelebihan dari arduino dibandingkan dengan platform *hardware* mikrokontroler sistem lain adalah IDE arduino dapat dijalankan dalam berbagai sistem operasi karena merupakan multiplatform yang dapat dijalan menggunakan windows dan linux. Pembuatan IDE arduino mengacu pada IDE processing yang sederhana sehingga mudah dalam penggunaanya, setelah itu dari pemrograman arduino yang menggunakan kabel dengan port USB yang memudahkan dalam penggunaannya karena sesuai dengan port USB yang terpasang pada PC yang sekarang banyak digunakan. Kelebihan selanjutnya pada arduino adalah software yang digunakan, dimana pengguna arduino bisa mengunduh software dan contoh rangkaian arduino dengan mudah secara gratis di web arduino.cc, ditambah lagi hardware arduino yang cukup terjangkau membuat arduino banyak digunakan kalangan pemula hingga lingkungan pendidikan.

Sistem minimum Arduino UNO terdapat 20 pin yang memiliki fungsi sebagai berikut:

1. Empat belas pin I/O digital (pin 0–13)

Pada pin ini merupakan digital pin dengan nomor pin 0 –13 yang dapat dijadikan sebagai input atau output sesuai pembuatan program pada program IDE.

2. Enam pin input analog (pin 0–5)

Pada pin analog alamat 0–5 yang berjumlah 6 pin dapat digunakan untuk membaca nilai input yang memiliki nilai analog dan mengubahnya ke dalam bentuk bilangan angka antara 0 dan 1023.

3. Enam pin output analog (pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11)

Pada enam pin yang dapat menjadi sebuah pin digital atau pin analog dengan cara sejumlah pin tersebut dapat diprogram kembali menjadi pin output analog dengan cara membuat programnya pada IDE.

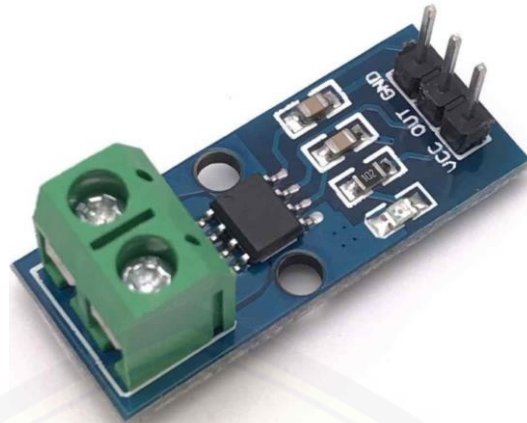
2. 7. Sensor

Sensor merupakan perangkat yang berguna untuk mendeteksi suatu perubahan besaran fisis seperti besaran listrik, gaya, tekanan, gerakan, cahaya, suhu, kelembaban, kecepatan serta fenomena lingkungan lainnya. Prinsip kerja dari sensor yaitu ketika terjadi sebuah perubahan pada sesuatu yang diamati, masukan yang terdeteksi tersebut kemudian dikonversi menjadi besaran output yang dapat dimengerti oleh manusia dengan menggunakan sensor itu sendiri atau penggunaan perangkat penguat sinyal dengan bantuan rangkaian elektronik lainnya sehingga informasi yang telah dibaca oleh sensor dapat bermanfaat untuk penggunaannya.

Pada dasarnya sensor dapat digolongkan dengan keluarga transduser karena fungsinya yang dapat mengubah energi fisis seperti suhu, angin, tekanan, cahaya, dan energi fisis lainnya menjadi sebuah sinyal listrik atau resistansi yang dapat dimanfaatkan untuk mengamati aktifitas perubahan tanpa perlu manusia sendiri yang melakukannya.

2.7.1 Sensor Arus ACS712

Sensor arus ACS712 merupakan sensor yang dapat mendeteksi arus listrik baik AC maupun DC pada kawat penghantar yang didalamnya mengalir arus kemudian menghasilkan sebuah sinyal sebanding dengan arus yang berubah-ubah. Sinyal yang dihasilkan berupa tegangan digital atau analog yang kemudian dapat dimanfaatkan untuk dikonversi untuk menampilkan hasil arus yang telah diukur atau sebagai data simpan untuk keperluan penelitian lebih lanjut dalam sistem akuisisi data atau bisa dimanfaatkan sebagai *feedback* kontrol sistem.



Gambar 2. 8 Sensor Arus ACS712

Sensor Arus ACS712 memiliki prinsip sensor arus dengan system hall effect dimana besaran besaran arus yang terbaca akan mempengaruhi besar kecil nya hall effect pada sensor. Pengukuran besar arus jika semakin besar arus maka semakin besar pula pengaruh nya pada hall effect sensor pada sensor ACS712. Sensor ini memiliki beberapa type, ada yang 5A, 20A dan 30A, sedangkan pada penelitian kali ini menggunakan sensor arus dengan kapasitas pembacaan 20 Ampere dengan sensitivitas = 100 mV/A.

2.7.2 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah sensor yang berfungsi untuk mengetahui tegangan yang berada pada kawat hantar listrik dengan membaca nilai tegangan pada suatu rangkaian. Sensor tegangan dapat dihubungkan pada arduino untuk membaca nilai sinyal tegangan yang telah dibaca oleh sensor, dan jika dihubungkan dengan arduino harus dihubungkan pada pin input analog yang mana ketika tegangan yang dibaca adalah tegangan 0 volt sampai 5 volt dapat langsung dihubungkan ke pin input analog akan tetapi jika nilai tegangan yang akan diukur lebih dari tegangan 5 volt maka harus menggunakan rangkaian tambahan yakni rangkain pembagi tegangan karena nilai input analog pada arduino hanya dapat bekerja pada tegangan maksimal 5 volt.

Data yang masuk pada pin input analog akan diterima oleh arduino berupa nilai ADC dan untuk mengkonversi nilai ADC menjadi tegangan menggunakan rumus :

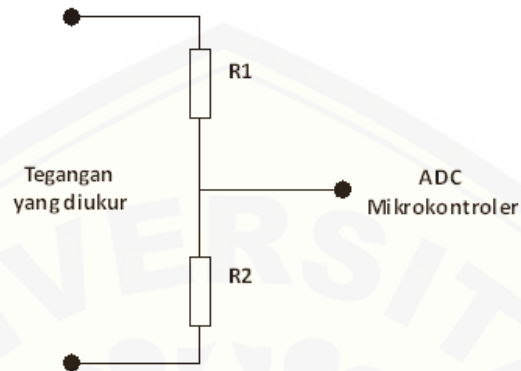
$$\text{Tegangan} = \text{ADC}/1023 * 5\text{V}$$

Keterangan :

ADC : Nilai ADC yang telah terbaca

1023 : Nilai ADC maksimal dari tegangan 5 volt (10 bit)

5V : Tegangan referensi ADC arduino (default)

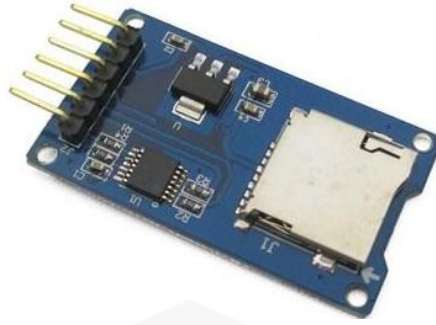


Gambar 2. 9 Rangkain Sensor Tegangan

Rangkaian sensor tegangan tersebut dipakai ketika tegangan yang diukur lebih dari tegangan 5 volt. Cara kerja dari rangkaian pembagi tegangan tersebut adalah membuat suatu perbandingan antara tegangan yang asli dengan tegangan yang akan dibaca oleh arduino. Saat pembuatan rangkaian pembagi tegangan parameter yang harus diperhatikan meliputi tegangan maksimal yang akan diukur (V_i) adalah 24 volt, kemudian tegangan masuk pada pin analog (V_o) maksimal 5 volt.

2. 8. Data Logger

Data logger atau yang biasa disebut perekam data merupakan rangkaian elektronik yang dapat merekam data setiap perubahan waktu dengan menggunakan bantuan sensor untuk membaca data dimedia yang akan diinginkan datanya dimonitoring.



Gambar 2. 10 Modul data logger

Data logger memiliki banyak tipe mulai dari pencatat umum sampai pencatatan data secara spesifik tergantung dengan nilai data yang diinginkan untuk diambil datanya yang dapat diatur pada program arduino.

Manfaat dari data logger sendiri yaitu salah satunya saat proses pengambilan data penelitian dapat mencatat perubahan data setiap waktunya secara otomatis tanpa harus memonitoring dengan bantuan manusia selama 24 jam tanpa henti. Dalam pencatatan data yang disimpan pada data logger seringkali tanpa menggunakan pengawasan untuk mencatat data ukur atau informasi yang memudahkan pengambilan data serta keakuratan data yang dibaca lebih akurat.

Pada penelitian ini data logger digunakan untuk menyimpan hasil pembacaan sensor tegangan dan arus untuk mengukur tegangan dan arus pada kapal MHD saat keadaan berbeban.

2.9. Gaya Lorentz

Gaya Lorentz bekerja pada partikel bermuatan yang bergerak kemudian dibelokkan oleh medan magnet maupun medan listrik. Besarnya gaya pembelokan ini akan sebanding dengan muatan partikel, kekuatan medan magnet, medan listrik dan laju partikel. Untuk sebuah partikel yang belum bermuatan listrik, maka terlebih dahulu partikel harus dijadikannya bermuatan dengan cara mengurangi atau menambahkan elektron pada partikel tersebut. Hal ini bisa dilakukan dengan cara mengaliri partikel dengan listrik bertegangan tinggi atau dengan menggunakan penyinaran cahaya berfrekuensi tinggi (seperti pada efek fotolistrik), sehingga elektron akan terlepas atau bertambah dari ikatan atom sebelumnya. Setelah partikel logam menjadi bermuatan, maka dengan memanfaatkan medan magnet dan medan

listrik, partikel logam tersebut dapat dibelokan karena adanya gaya lorentz (Nasrullah, 2013).

Dalam penelitian ini gaya lorentz terjadi pada channel ketika elektroda pada kedua sisi terdapat aliran sumber dan juga magnet yang berada kedua sisi samping channel akan menimbulkan sebuah medan magnet didalam celah channel kemudian mendorong muatan yang kemudian menimbulkan sebuah gaya dorong yang dapat menggerakkan kapal.

Gaya Lorentz menurut Reitz (1993:207) adalah gaya yang ditimbulkan oleh muatan listrik yang bergerak atau oleh arus listrik yang berada dalam suatu medan magnet (B). Arah gaya ini akan mengikuti arah maju skrup yang diputar dari vektor arah gerak muatan listrik (v) ke arah medan magnet, B , seperti yang terlihat dalam rumus $F = q(v \times B)$ dengan F adalah vektor gaya lorentz (N) B adalah vektor medan magnet (T), v adalah vektor kecepatan muatan listrik (m/s), q adalah besarnya muatan (C). Beberapa keterangan yang dapat dirumuskan bahwa Gaya tersebut sebanding dengan muatan q . Gaya pada muatan negatif memiliki arah yang berlawanan dengan arah gaya pada muatan positif yang bergerak dengan kecepatan yang sama. Kemudian gaya tersebut sebanding dengan kecepatan v . Serta gaya tersebut tegak lurus terhadap arah medan magnetik maupun kecepataanya.(Tipler,2001: 211).

Jadi, jika gerak partikel sejajar (paralel) dengan medan magnet, maka $F_{\text{lorentz}} = 0$, sehingga partikel akan bergerak dalam lintasan lurus (gerak partikel tidak akan terbelokan). Sedangkan gaya yang ditimbulkan oleh kuat medan listrik pada partikel bermuatan adalah sebesar (Muljono dan Soenarto, 2003:189):

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian “Pengaruh Lebar Celah dan Jarak Antar Magnet Pada *Channel type hall connection* Kapal MHD Terhadap Daya dan Jarak Tempuh Kapal ” dilaksanakan pada bulan Desember 2019 sampai dengan Februari 2020 di Laboratorium Sistem Kendali, Fakultas Teknik, Universitas Jember di Jl. Slamet Riyadi no.62 Patrang, Jember.

3.2 Tahapan Penelitian

Dalam pelaksanaan tugas akhir ini terdapat beberapa tahapan penelitian yang akan dilakukan. Secara garis besar tahapan penelitian terbagi menjadi 5 bagian utama yakni sebagai berikut:

1. Tahapan Studi Pustaka

Pada tahap ini merupakan tahapan yang membantu untuk menemukan rujukan terkait dengan penelitian yang serupa, dimana referensi atau rujukan tersebut nantinya akan dijadikan sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian.

2. Tahapan Desain dan Pembuatan Alat

Pada tahap ini dilakukan pembuatan alat prototype kapal MHD, pembuatan 4 *channel type hall connection* yang akan diuji coba beserta pembuatan rangkaian elektronik dan program untuk menjalankan kapal serta merekam data kegiatan penelitian.

3. Tahapan Pengujian Alat

Pada tahap ini dilakukan pengujian alat yang telah dibuat yakni meliputi modul-modul sensor dan keseluruhan sistem, pengujian performa kapal didalam aquarium untuk mengetahui bagaimana performa dari *prototype* kapal, serta pengujian pengaruh perubahan lebar pada setiap *channel* yang diuji coba.

4. Tahapan Analisis Data

Pada tahap ini analisa data dilakukan setelah mendapatkan hasil data dari tahapan pengujian alat. Analisis data dilakukan untuk mendapatkan data yang akan digunakan sebagai data utama pada tahap pembahasan dan penulisan laporan. Data yang didapatkan merupakan data dari perhitungan besar medan magnet, tegangan, arus, PWM dan kecepatan kapal. Kemudian mencari perhitungan kerapatan arus listrik (J), kerapatan medan listrik (E), kerapatan daya listrik *channel*(P) dan daya dorong lorentz (P_p) untuk mendapatkan berupa daya dorong kapal.

5. Tahapan Penulisan Laporan dan Kesimpulan

Pada tahap ini merupakan tahapan akhir dari penelitian yang telah dilaksanakan. Dimana data yang telah didapatkan dianalisis dan ditulis dalam sebuah laporan. Analisis yang dilakukan untuk membuktikan kesesuaian antara penelitian yang telah dilakukan dengan sumber rujukan atau referensi yang telah didapat.

3.3 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Tabel 3. 1 Rencana Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Tahap	Jenis Kegiatan	Bulan ke-1				Bulan ke-2				Bulan ke-3				Bulan ke-4				Bulan ke-5			
		Minggu Ke-				Minggu Ke-				Minggu Ke-				Minggu Ke-				Minggu Ke-			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	Konsultasi dengan dosen pembimbing	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Persiapan peralatan dan bahan	■	■																		
	Pembuatan Alat	■	■																		
	Pengujian Alat	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Evaluasi		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■		■	■	■
	Penulisan Laporan Akhir																	■	■	■	■

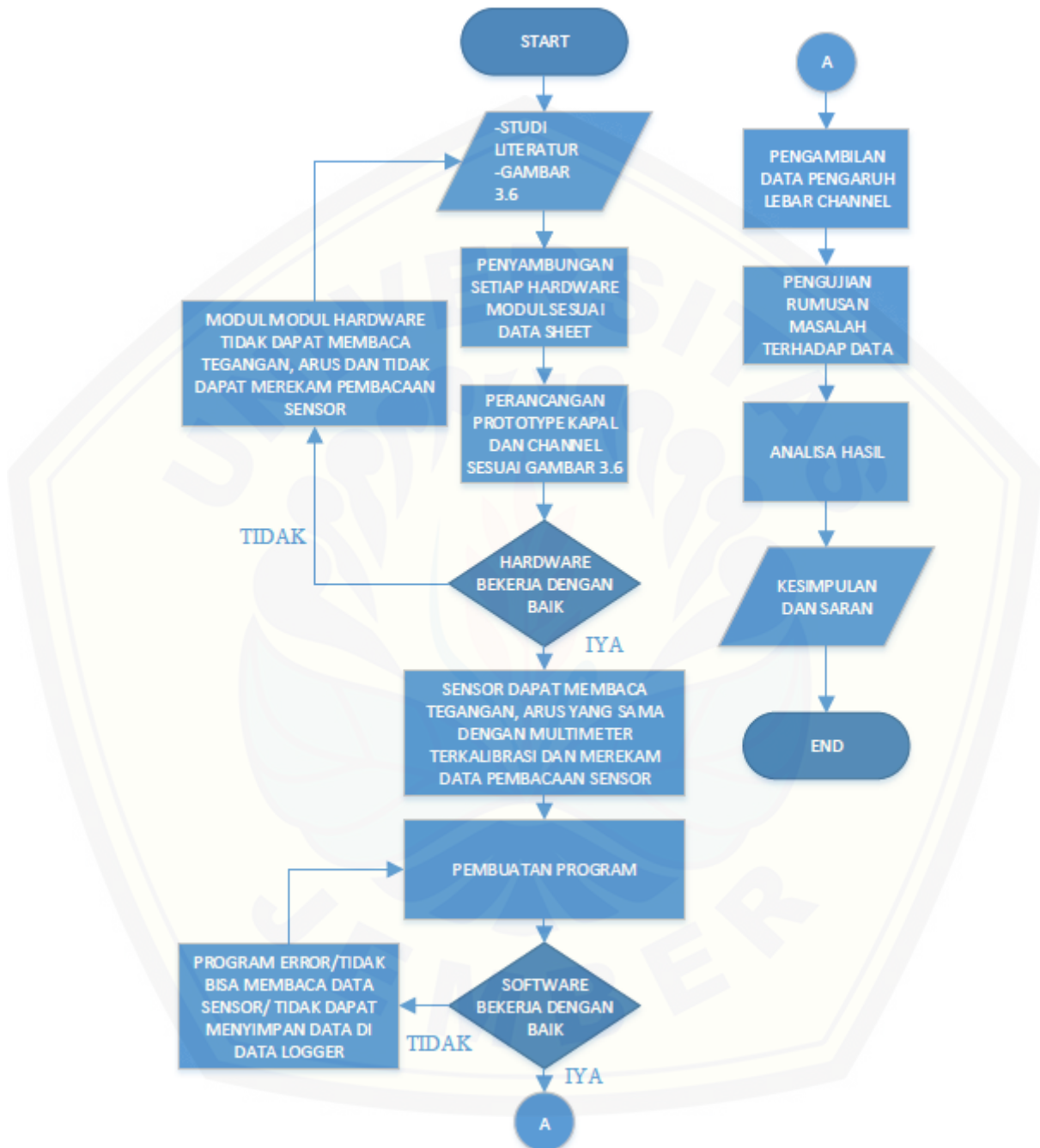
3.4 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Magnet Neodymium
2. Akrilik
3. Aluminium
4. Arduino Uno
5. Aquarium
6. LCD 16x2
7. Sensor Arus
8. Sensor Tegangan
9. Data Logger
10. Potensiometer
11. Mosfet
12. Solder
13. Baterai 12V 2 buah
14. Kabel
15. PCB
16. Avometer
17. Cutter
18. Penggaris
19. Lem Fox
20. PCB
21. Gauss Meter

3.5 Diagram Alir Penelitian

Untuk melakukan sebuah penelitian ini terdapat beberapa tahap diagram alir, antara lain sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian Pengaruh Lebar Celah dan Jarak Antar Magnet Pada *Channel Type Hall Connection* Kapal MHD Terhadap Daya dan Jarak Tempuh Kapal ini membutuhkan beberapa langkah penelitian sebagai berikut :

1. Perumusan Masalah

Pada tahap ini yaitu perumusan masalah dengan cara menganalisa masalah atau mencari hal baru yang ada pada penelitian tersebut yang dapat dikembangkan.

2. Studi Literatur

Untuk tahap ini yaitu mencari dan mempelajari literatur tentang magnetohidrodinamika (MHD) penelitian yang sudah ada, buku ataupun internet untuk mengetahui tentang prinsip kerja atau teori-teori yang ada dalam penelitian ini. Dengan adanya literatur tersebut diharapkan agar dalam penelitian ini berjalan maksimal dan meminimalisir kesalahan-kesalahan yang sebelumnya.

3. Perancangan Hardware

Pada tahapan ini adalah mencetak skematik rangkaian yang sudah dibuat dan juga merangkai komponen ke PCB yang sudah di setrika dan juga membuat body kapal MHD serta membuat *channel* MHD. Dalam perancangan software ini menggunakan software Arduino yang diperlukan adalah program yang digunakan untuk menjalankan system yang akan ditampilkan ke LCD berupa data tegangan dan arus, dan juga untuk program data logger yang akan disimpan ke dalam SD Card.

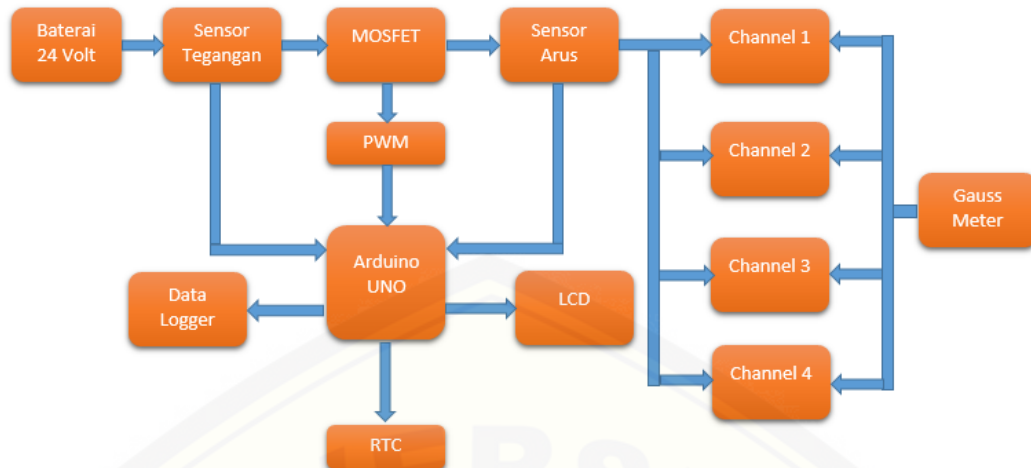
4. Perancangan Program

Pada tahapan ini adalah membuat program untuk penyimpanan data logger, pembacaan sensor arus, pembacaan sensor tegangan, pemberian nilai PWM, pengaturan kerja mosfet, dan pemberian perintah output pada sistem rangkaian.

5. Pengambilan Data dan Analisa Data

Setelah perancangan kapal selesai dan juga keseluruhan system bekerja dengan baik maka dilakukan pengambilan data tegangan, arus, daya dorong dan juga kecepatan pada kapal. Setelah itu menganalisa data yang telah kita dapatkan.

3.6 Blok Diagram Sistem



Gambar 3. 2 Blok Diagram Sistem

Sistem yang digunakan seperti pada gambar 3.2 terdiri dari beberapa unit antara lain baterai, sensor tegangan, sensor arus, driver mosfet, arduino uno 328p, data logger, tampilan dan *channel* hall kapal. Penjelasan tiap unit bagian yaitu sebagai berikut :

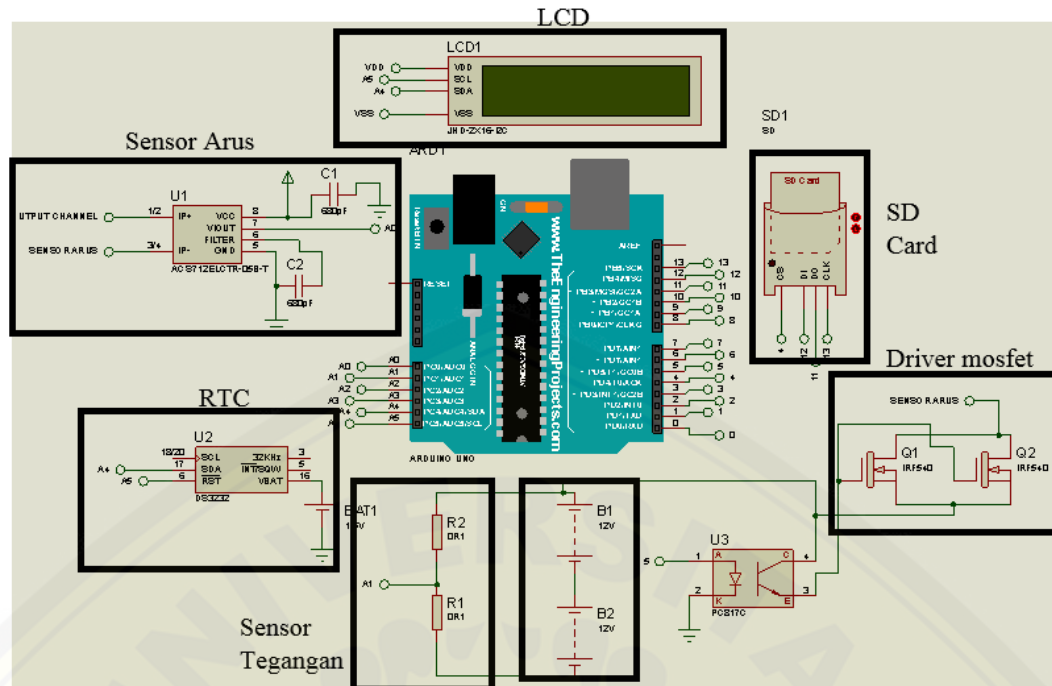
1. Sensor tegangan digunakan untuk membaca tegangan pada baterai pada saat sistem tersebut berjalan. Sensor tegangan menuju pin ADC pada Arduino UNO
2. Driver mosfet digunakan untuk mengatur besar kecilnya tegangan yang keluar dari baterai, kemudian dikontrol menggunakan arduino uno
3. Sensor arus digunakan untuk mengetahui berapa arus yang akan keluar menuju *channel* hall kapal.
4. PWM digunakan untuk mengatur tegangan yang masuk ke dalam mosfet.
5. Arduino UNO digunakan sebagai otak dari sistem .
6. RTC (Real Time Clock) digunakan untuk menunjukkan waktu hari itu pada data logger.
7. Data logger digunakan untuk menyimpan data tegangan, arus dan PWM.
8. Penampilan digunakan untuk menampilkan data tegangan, arus dan PWM pada LCD 16x2.
9. Baterai 12V sebanyak 2 buah, jadi tegangan 24V.
10. Gauss meter digunakan untuk mengukur medan magnet yang ada pada ruang *channel*.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yakni sebuah rancang bangun kapal MHD menggunakan *channel type hall connection* dengan membandingkan *channel type faraday* untuk mengetahui perbandingan daya dan kecepatan antara kedua metode *channel* yang lebih baik, serta hanya menggunakan satu ukuran yang sama. Data yang diambil dari penelitian tersebut lebih terfokuskan pada perubahan data arus dan tegangan dari kedua metode *channel* tersebut.

Dalam penelitian ini merupakan penelitian untuk mengetahui pengaruh perubahan jarak antar magnet melalui perubahan lebar celah *channel type hall connection* dan juga untuk mengetahui pengaruh perubahan lebar ruang perpotongan medan magnet *channel type hall connection* terhadap daya dan kecepatan kapal. Dari penelitian ini data yang akan diambil adalah data setiap *channel hall connection* yang telah dirubah lebar celah ruangnya, parameter nilai data berdasarkan pengukuran arus saat berbeban, tegangan saat berbeban, serta medan magnet *channel* saat tidak berbeban yang dikaji berdasarkan perspektif teori medan magnet dan gaya faraday.

3.7 Perancangan Rangkaian

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai rangkaian atau sistem minimum dari sistem penggerak kapal MHD menggunakan *channel hall* yang mengacu pada diagram blok 3.6 Berikut adalah rangkaian dari sistem yang digunakan pada kapal.



Gambar 3. 3 Rangkaian Kapal MHD

3.7.1 Rangkain Sensor Tegangan

Pada rangkaian sensor tegangan ini yaitu menggunakan prinsip kerja rangkaian pembagi tegangan dimana tegangan input sebesar 24V akan melewati rangkain pembagi tegangan sehingga nilai kurang atau sama dengan 5V dan masuk menuju pin ADC pada arduino. Karena arduino akan bekerja pada rentang tegangan 0 sampai 5V.

Sedangkan untuk perhitungan sensor tegangan yang digunakan dapat dilihat pada perhitungan menggunakan rumus prinsip pembagi tegangan.

3.7.2 Rangkain Sensor Arus

Rangkain sensor arus yang digunakan pada sistem ini yaitu sensor arus dalam bentuk *kit* yaitu ACS712-20A yang kemampuan maksimal menerima arus sebesar 20A.

3.7.3 Rangkaian *Driver* Mosfet

Pada rangkaian *driver* mosfet ini menggunakan mosfet *type* IRF3205 dan optocouple sebagai pemisah antara arduino dengan mosfet. Tujuan menggunakan ini adalah sebagai proteksi menghindari kerusakan yang terjadi pada arduino apabila terjadi tegangan balik dari mosfet.

3.7.4 Baterai

Baterai yang digunakan pada system ini adalah baterai lipo sebesar 12V 1000 mAh sebanyak 2 buah jadi total tegangan ketika kedua baterai diseri total tegangan 24V. Baterai tersebut digunakan sebagai sumber tegangan pada *channel* kapal MD.

3.7.5 Rangkaian RTC

Rangkaian RTC (Real Time Clock) berupa chip yang digunakan untuk menghitung waktu dari deti hingga tahun. Setelah menghitung waktu maka *output* akan di simpan di device lain atau di data logger. Rangkaian RTC ini menggunakan input tegangan baterai sebesar 3 volt untuk menjalankan system rangkaian RTC tersebut.

3.7.6 Arduino UNO

Kit arduino merupakan otak dari sistem dari system ini, yaitu menggunakan Arduino UNO. Arduino UNO ini membaca berapa nilai data dari sebuah sensor arus dan tegangan yang mana akan disimpan ke dalam data logger dan akan ditampilkan pada LCD display 16x2.

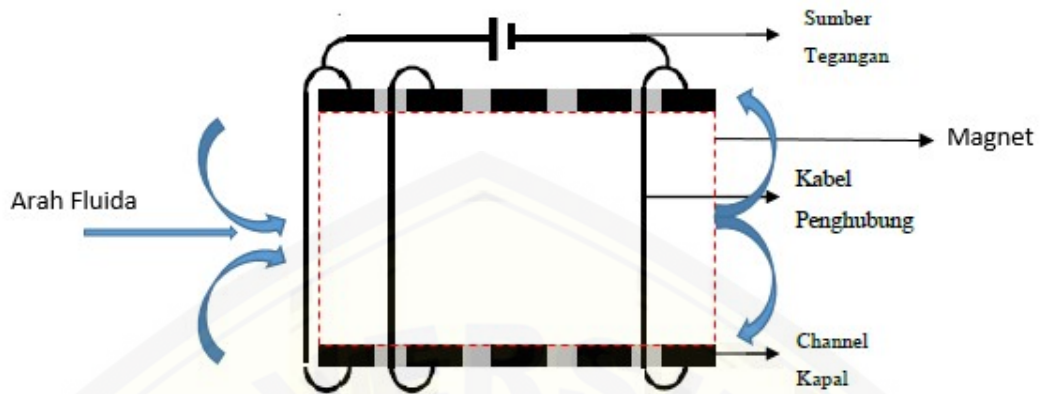
3.7.7 LCD

LCD (*liquid crystal display*) berfungsi untuk menampilkan informasi saat sistem sedang bekerja, system pengoperasiannya menggunakan system *dot* matriks. Pada perancangan ini LCD yang digunakan pada kali ini adalah LCD 16x2.

3.7.8 Modul SD Card

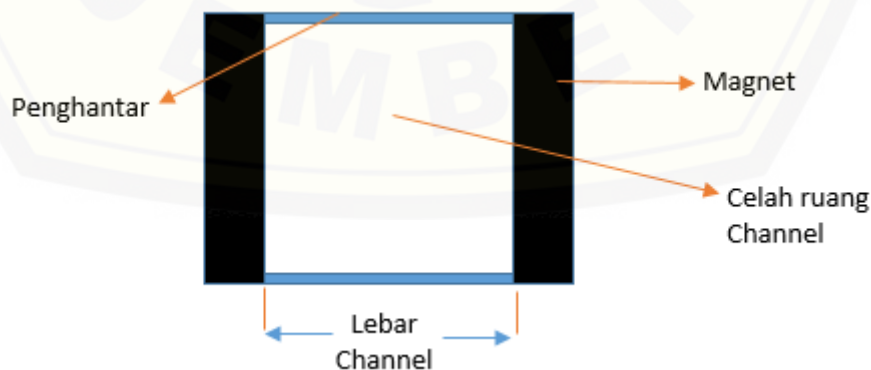
Modul SD card digunakan untuk menyimpan data arus, tegangan dan PWM pada setiap nilai saat penelitian dilakukan. SD card dipilih untuk menyimpan setiap data arus, tegangan, dan PWM agar pada saat dilakukan penelitian tidak ada data yang sampai hilang.

3.8 Channel Kapal dan Desain Kapal



Gambar 3. 4 Channel Type Hall connection MHD Tampak Samping

Channel kapal merupakan alat penggerak utama dari kapal yang memanfaatkan medan magnet dengan arus listrik yang akan menimbulkan gaya lorentz. Ukuran dari *channel* menggunakan 4 ukuran lebar yang berbeda, yaitu 120mm x 27mm x 25mm, 120mm x 25mm x 25mm, 120mm x 23mm x 25mm, dan 120mm x 21mm x 25mm. *Channel* kapal yang digunakan pada kapal ini yaitu *channel* kapal jenis *Hall* dengan menggunakan aluminium sebagai penghantar tegangan dari baterai. *Channel hall* ini hampir sama dengan *channel type faraday* akan tetapi letak perbedaan dari *channel type* ini ada pada konfigurasi sumber tegangan pada *channel* yaitu sumber tegangan DC maksimal 24 volt terletak pada bagian atas atau satu sisi dari bagian *channel*.

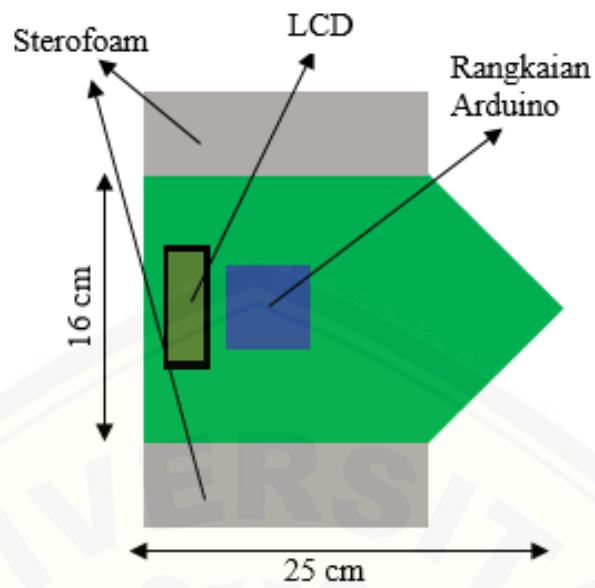


Gambar 3. 5 Tampak Depan Channel Type Hall connection MHD

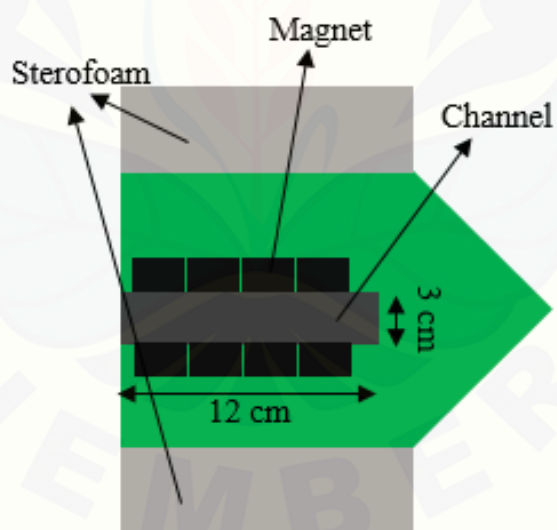
Gaya Lorentz bekerja pada partikel bermuatan yang bergerak kemudian dibelokkan oleh medan magnet maupun medan listrik. Besarnya gaya pembelokan ini akan sebanding dengan muatan partikel, kekuatan medan magnet, medan listrik dan laju partikel. Untuk sebuah partikel yang belum bermuatan listrik, maka terlebih dahulu partikel harus dijadikannya bermuatan dengan cara mengurangi atau menambahkan elektron pada partikel tersebut. Hal ini bisa dilakukan dengan cara mengaliri partikel dengan listrik bertegangan tinggi, sehingga elektron akan terlepas atau bertambah dari ikatan atom sebelumnya. Setelah partikel logam menjadi bermuatan, maka dengan memanfaatkan medan magnet dan medan listrik, partikel logam tersebut dapat dibelokkan karena adanya gaya Lorentz (Nasrullah dkk, 2013).

Dalam penelitian ini akan fokus pada pengaruh lebar ruang channel untuk mengatur jarak antar magnet terhadap pengaruh daya dan kecepatan waktu tempuh kapal untuk bergerak, penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui lebar ruang channel yang paling optimal untuk mendapatkan daya dan kecepatan dan juga membandingkan kajian perspektif teori medan magnet dan gaya Lorentz yang paling baik sebagai gaya dorong menggerakkan sebuah kapal MHD.

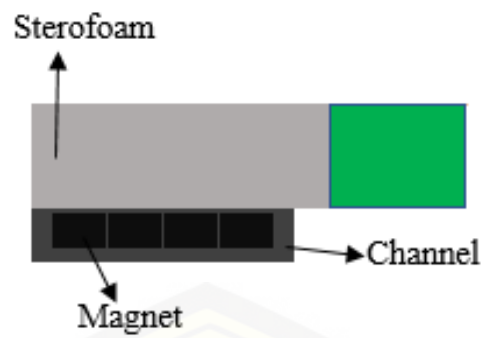
Magnetohidrodinamika merupakan gagasan visioner yang teruji yang diaplikasikan dalam teknologi penggerak kapal dengan metode gejala kemagnetan ramah lingkungan. Konsepnya adalah sebuah plasma yang mengalir pada Channel yang dikelilingi terdapat sebuah kumparan yang menghasilkan medan magnet. Pergerakan ini merupakan bentuk fokus untuk pengujian coba, karena kemungkinan adanya resonansi antara bagian yang berputar pada MHD pertubation dan pengandaan struktur yang mengelilingi plasma sehingga terjadi pergerakan plasma. Dengan menggunakan teknologi magnetohidrodinamika pada penggantian penggerak kapal ini diharapkan dapat mengurangi efek rumah kaca yang disebabkan oleh hasil sisa gas buang kapal dan mengurangi gejala kerusakan lingkungan yang dihasilkan misalnya penggunaan turbin yang bisa menyebabkan terjadinya kenaikan frekuensi pada air laut dan pembuangan air dari lambung kapal yang berpotensi merusak ekosistem lautan.



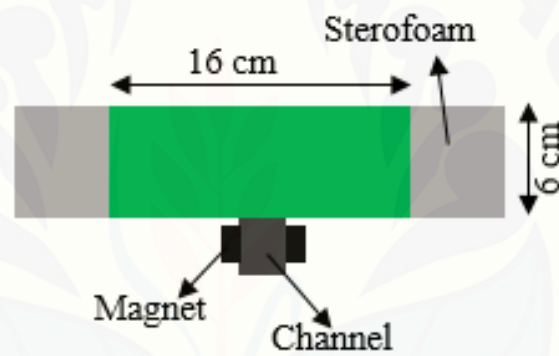
Gambar 3. 6 Desain Kapal MHD Tampak Atas dan Tampak Atas



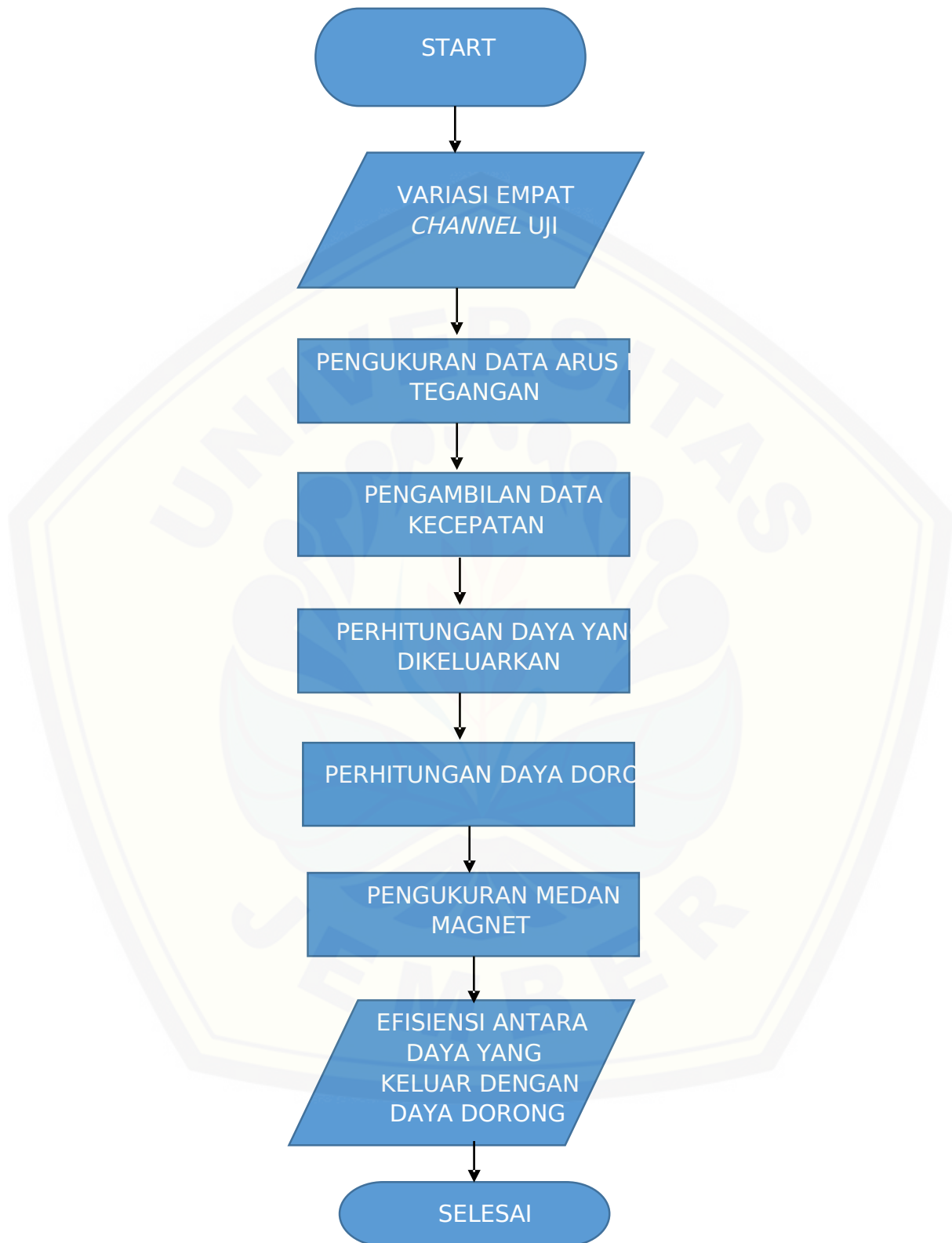
Gambar 3. 7 Desain Kapal MHD Tampak Atas dan Tampak Bawah



Gambar 3. 8 Desain Kapal MHD Tampak Atas dan Tampak Samping



Gambar 3. 9 Desain Kapal MHD Tampak Atas dan Tampak Depan

3.9 Flow Chart Pengambilan Data Pengaruh Lebar Channel

Gambar 3. 10 Flowchart Pengambilan Data

BAB 5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai rata rata arus yang semakin besar ketika lebar celah channel semakin kecil, yang mana nilai arus terbesar terjadi saat channel berukuran 120mm x 21mm x 25mm dengan arus rata rata 8,12A.
2. Kecepatan kapal tercepat untuk menempuh jarak 30cm adalah ketika channel yang digunakan berukuran 120mm x 23 mm x 25mm yang dapat menempuh dengan kecepatan 0,0193548 m/s.
3. Nilai daya disipasi yang dikeluarkan yang paling besar yaitu ketika saat menggunakan ukuran channel yang terkecil dari penelitian ini yakni 120mm x 21mm x 25mm yang menghasilkan daya sebesar 227,635 Watt.
4. Nilai daya dorong yang paling besar dikeluarkan dari penelitian ini yakni saat menggunakan channel ukuran 120mm x 23mm x 25mm dengan daya 12,75 Watt.
5. Nilai efisiensi daya dorong yang terbesar terjadi saat menggunakan channel ukuran 120mm x 23mm x 25mm dengan efisiensi sebesar 5,59%.
6. Dari beberapa kesimpulan yang telah didapatkan maka dapat ditarik kesimpulan secara keseluruhan bahwa lebar celah dan jarak antar magnet sangat mempengaruhi terhadap daya dorong kapal yang dikeluarkan dan kecepatan jarak tempuh kapal. Sehingga dari empat percobaan tersebut didapatkan ukuran yang paling optimal untuk mendapatkan kecepatan dengan efisiensi daya dorong paling besar yakni saat menggunakan ukuran channel 120mm x 23mm x 25mm dengan menggunakan ukuran magnet 120 mm x 20mm x 10mm.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan untuk peneliian selanjutnya antara lain

1. Bahan kapal yang ada pada *prototype* kapal perlu dibuat lebih ringan untuk memperkecil beban kapal itu sendiri karena semakin berat kapal maka laju kapal semakin lambat.
2. Magnet yang digunakan perlu menggunakan magnet yang lebih besar agar menghasilkan medan magnet yang lebih kuat.
3. Perlunya kapasitas baterai yang digunakan lebih besar, karena arus yang keluar dari penelitian ini mencapai 9A.
4. Perlunya penambahan navigasi kapal agar kapal magnetohidrodinamika lebih mudah saat pengendalian arah.
5. Perlu adanya perbaikan desain *prototype* kapal dan perhitungan berat kapal untuk menyerupai bentuk kapal asli.
6. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui hubungan torsi dan kuat medan pada kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, M., Ganji, D. D., & Rahni, M. T. (2014). MHD flow in a channel using new combination of order of magnitude technique and HPM. *Tehnicki Vjesnik*, 21(2), 317–321.
- Conference, L., & Litchford, R. J. (2003). Performance Theory of Diagonal Conducting Wall MHD Accelerators. *AIAA-2003-4284*. June.
- Fitrianda, M. I. (2013). *Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember*.
- Hardianto, T. (2014). *Pandangan penelitian tentang generator dan akselerator magnetohidrodinamika*.
- Indriani, A. (2015). Analisis Pengaruh Variasi Jumlah Kutub dan Jarak Celah Magnet Rotor Terhadap Performan Generator Sinkron Fluks Radial. *Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 9(2).
- Jati, D. W., Sukmadi, T., & Diponegoro, F. T.-U. (2012). Perancangan Generator Fluks Aksial Putaran Rendah Magnet Permanen Jenis Neodymium (NdFeB) Dengan Variasi Celah Udara. *Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*, 1–10. http://www.elektro.undip.ac.id/el_kpta/wp-content/uploads/2012/05/L2F008112_MTA.pdf
- Lin, T. F., Gilbert, J. B., & Roy, G. D. (1991). Analyses of magnetohydrodynamic propulsion with seawater for underwater vehicles. *Journal of Propulsion and Power*, 7(6), 1081–1083. <https://doi.org/10.2514/3.23433>
- Magnetohidrodinamika, P., Energi, S., Adi, D. W. I. S., Elektro, J. T., Teknik, F., & Jember, U. (2015). *Pada kapal*.
- Megantara, Y., Abdul, M. W., Octavia, G., Citra, O., Firdausul, M., Bryan, A., Soelaiman, H., & Hardianto, T. (n.d.). *SEBAGAI ENERGI RAMAH LINGKUNGAN PADA KAPAL*. 4–8.
- Penentuan Posisi Sudut Channel Diagonal Generator Magnetohidrodinamika Untuk Mendapatkan Daya Listrik Optimal Peneliti : Triwahju Hardianto Muh Nurkoyim Kustanto (Sumber Dana : Penelitian Fundamental Tahun 2010 , DIPA Universitas Jember Nomor : (2010). 2009–2011.
- Prasetijo, H., & Waluyo, S. (2016). Optimasi Lebar Celah Udara Generator Axial Magnet Permanen Putaran Rendah 1 Fase. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, 4(4), 2–6. <https://doi.org/10.22146/jnteti.v4i4.172>
- Sakamoto, N., Kondo, J., & Harada, N. (2006). Computational study of MHD accelerator. *Collection of Technical Papers - 37th AIAA Plasmadynamics and Lasers Conference*, 1(June), 60–73. <https://doi.org/10.2514/6.2006-2893>

LAMPIRAN

A. Listing program

```
#include <SD.h>
#include <DS3231.h>
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#define pwm1 5
#define pwm2 6
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

DS3231 rtc(SDA, SCL);
Time t;
const int chipSelect = 4;
float Volt1;
float Volt;
float Voltbat;
int smooth = 500;
int pwm = 255;
float arus;
void setup()
{

  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  rtc.begin();Serial.begin(9600);
  Serial.println("Voltage: ");
  pinMode(pwm1, OUTPUT);
  pinMode(pwm2, OUTPUT);
  analogWrite(pwm1, 0);
  analogWrite(pwm2, pwm);
  lcd.begin();
  rtc.begin();
  // The following lines can be uncommented to set the date and time
  //rtc.setDOW(SUNDAY); // Set Day-of-Week to SUNDAY
  //rtc.setTime(12, 0, 0); // Set the time to 12:00:00 (24hr format)
  //rtc.setDate(7, 11, 19); // Set the date to DD/MM/YYYY
  while (!Serial) {
    ; // wait for serial port to connect. Needed for native USB port only
  }

  Serial.print("Initializing SD card...");
```

```
// see if the card is present and can be initialized:
if (!SD.begin(chipSelect)) {
  Serial.println("Card failed, or not present");
  // don't do anything more:
  while (1);
}
Serial.println("card initialized.");
}
void loop()
{
  float data = 0;

  for (int a = 0; a <= smooth; a++)
    data += analogRead(A0);
  arus = (0.0732*(data / smooth) - 37.565-0.12);
  Volt1=analogRead(A1);
  Voltbat=((Volt1*0.00489)*5);
  Volt=((Voltbat*pwm/255));

  String dataString = "";

  // open the file. note that only one file can be open at a time,
  // so you have to close this one before opening another.
  File myFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

  if (myFile) {
    t = rtc.getTime();
    // if the file is available, write to it:
    myFile.print(t.hour, DEC);
    myFile.print(":");
    myFile.print(t.min, DEC);
    myFile.print(":");
    myFile.print(t.sec, DEC);
    myFile.print(" ");
    myFile.print(t.date, DEC);
    myFile.print("/");
    myFile.print(t.mon, DEC);
    myFile.print("/");
    myFile.print(t.year, DEC);
    myFile.print(" ");
    myFile.print("Arus: ");
    myFile.print(arus);
    myFile.print("A");
```

```
myFile.print(" ");
myFile.print("Tegangan: ");
myFile.print(Volt);
myFile.println("V");
myFile.close();
    delay(1000);
}
// if the file isn't open, pop up an error:
else {
    Serial.println("error opening datalog.txt");
}

Serial.print(t.hour, DEC);
Serial.print(":");
Serial.print(t.min, DEC);
Serial.print(":");
Serial.print(t.sec, DEC);
Serial.print(" ");
Serial.print(t.date, DEC);
Serial.print("/");
Serial.print(t.mon, DEC);
Serial.print("/");
Serial.print(t.year, DEC);
Serial.print(" ");
Serial.print("Arus: ");
Serial.print(arus);
Serial.print("A");
Serial.print(" ");
Serial.print("Tegangan: ");
Serial.print(Volt);
Serial.println("V");

lcd.setCursor (0,1); // set to line 1, char 0
lcd.print("A: ");
lcd.setCursor (3,1); // go to start of 2nd line
lcd.print(arus);
lcd.setCursor (14,1); // go to start of 2nd line
lcd.print("A");
lcd.setCursor (0,0);
lcd.print("v: ");
lcd.setCursor (3,0);
lcd.print(Volt);
lcd.setCursor (14,0);
lcd.print("V");
```

delay(1000);

}

B. Perhitungan Daya Channel

1. Ukuran channel 120mm x 27mm x 25mm

$$\begin{aligned} P &= V.I \\ &= 23,87V \times 6,35V \\ &= 151,57 \text{ Watt} \end{aligned}$$

2. Ukuran channel 120mm x 25mm x 25mm

$$\begin{aligned} P &= V.I \\ &= 23,87V \times 6,35V \\ &= 151,57 \text{ Watt} \end{aligned}$$

3. Ukuran channel 120mm x 23mm x 25mm

$$\begin{aligned} P &= V.I \\ &= 23,87V \times 7,30A \\ &= 174,251 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4. Ukuran channel 120mm x 21mm x 25mm

$$\begin{aligned} P &= V.I \\ &= 23,65V \times 8,12A \\ &= 192,038 \text{ Watt} \end{aligned}$$

C. Perhitungan hubungan daya channel dengan kecepatan

1. Ukuran channel 120mm x 27mm x 25mm

$$\frac{151,57 \text{ w}}{1 \text{ w}} = \frac{0,015 \frac{m}{s}}{V}$$

$$V. 151,57w = 0,015 \frac{m}{s}$$

$$V = 0,0000989 \text{ m/s}$$

2. Ukuran channel 120mm x 25mm x 25mm

$$\frac{151,57 \text{ w}}{1 \text{ w}} = \frac{0,01666 \frac{m}{s}}{V}$$

$$V. 151,57w = 0,01666 \frac{m}{s}$$

$$V = 0,0001099 \text{ m/s}$$

3. Ukuran channel 120mm x 23mm x 25mm

$$\frac{174,251 w}{1 w} = \frac{0,0193548 \frac{m}{s}}{V}$$
$$V. 174,251 w = 0,0193548 \frac{m}{s}$$
$$V = 0,00011107 m/s$$

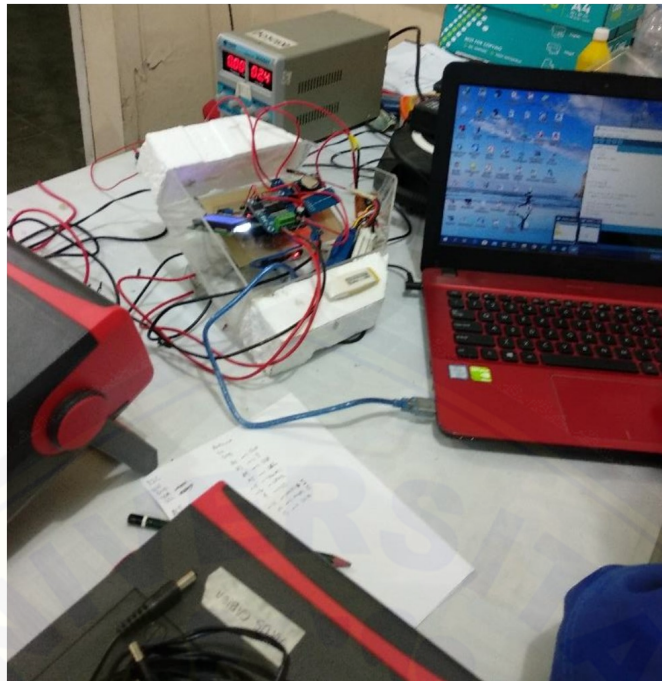
4. Ukuran channel 120mm x 21mm x 25mm

$$\frac{192,038 w}{1 w} = \frac{0,015 \frac{m}{s}}{V}$$
$$V. 192,038 w = 0,015 \frac{m}{s}$$
$$V = 0,000078 m/s$$

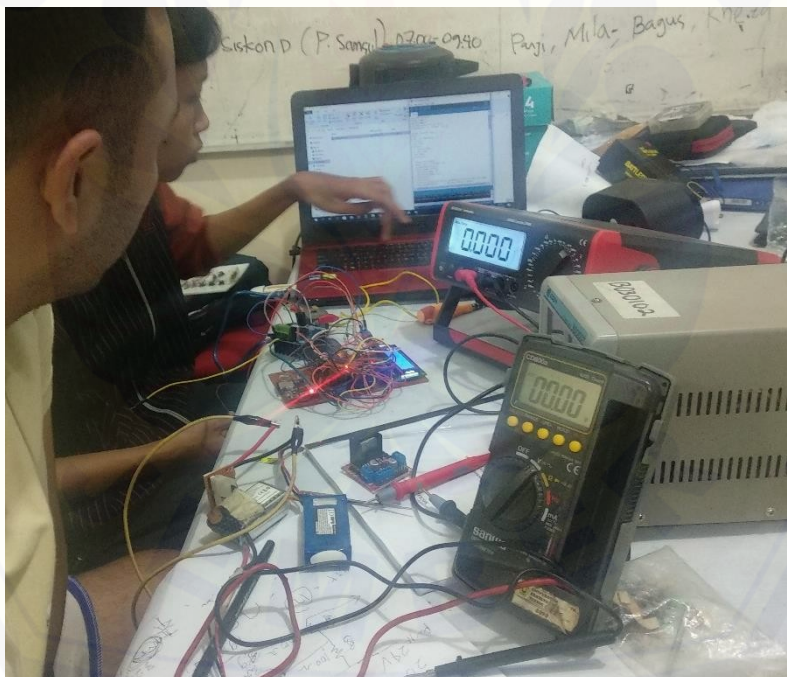
D. Dokumentasi penelitian



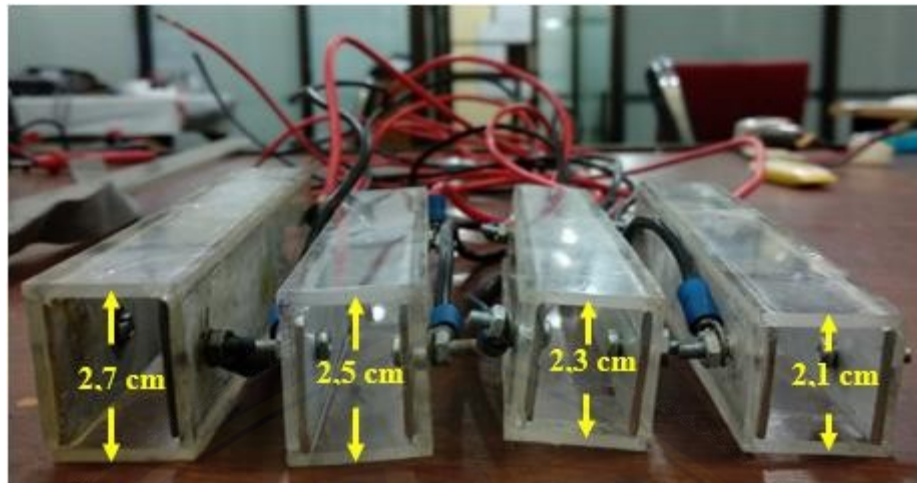
D.1 Pemasangan magnet pada channel



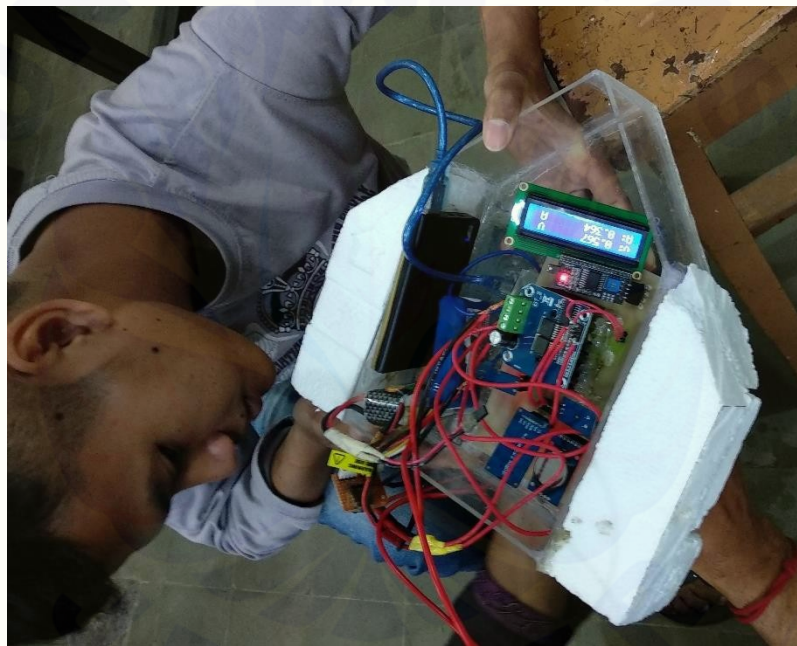
D.2. Kalibrasi Sensor Tegangan



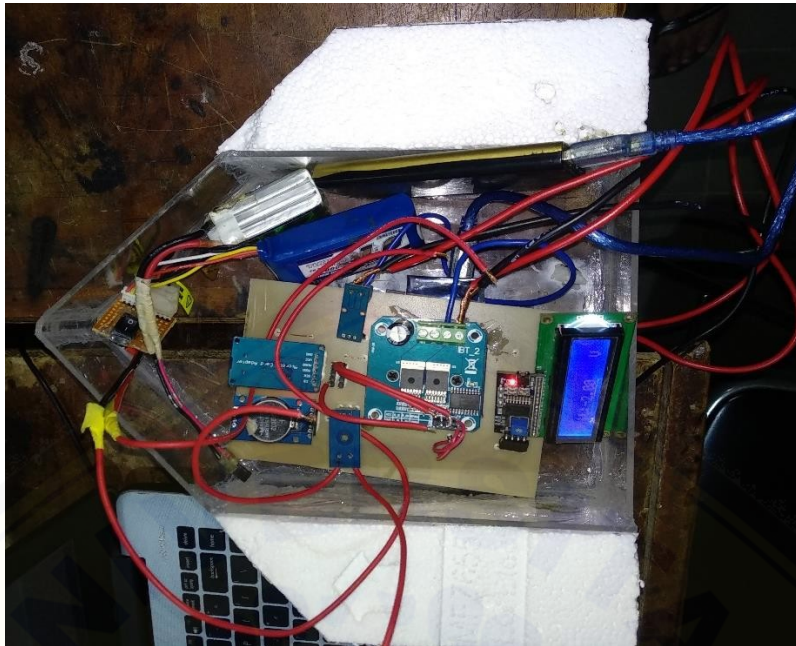
D.3. Kalibrasi Sensor Arus



D.4 Empat Channel dengan lebar channel yang berbeda



D.5. Pemasangan channel ke badan kapal



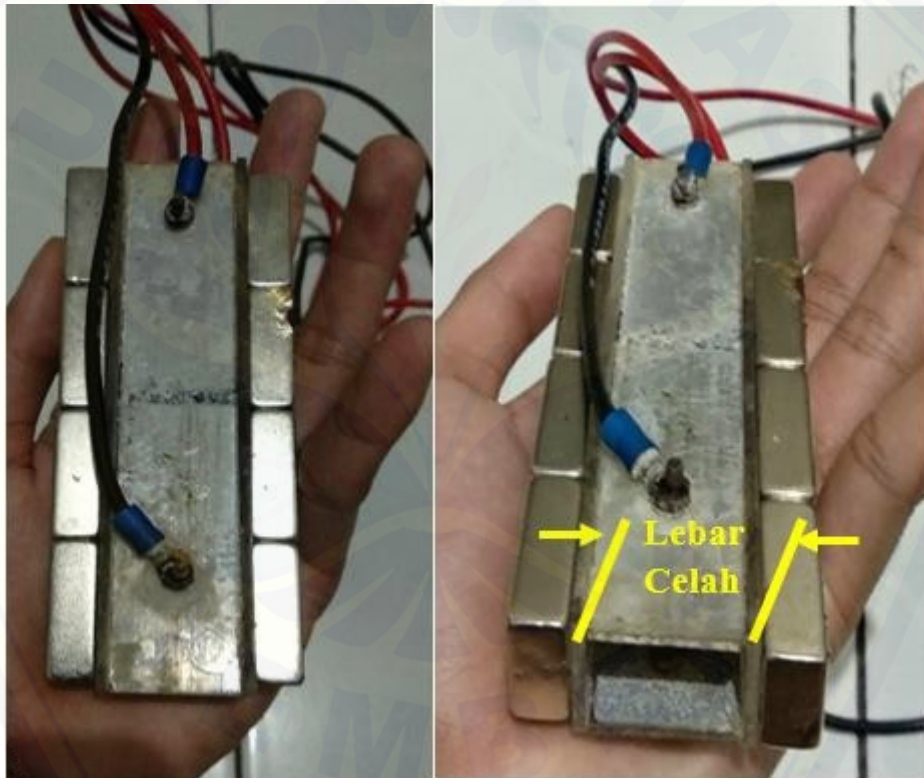
D.6. Bentuk keseluruhan badan kapal



D.7. Proses pengambilan air laut dipantai



D.8. Tempat penelitian (kolam air laut)



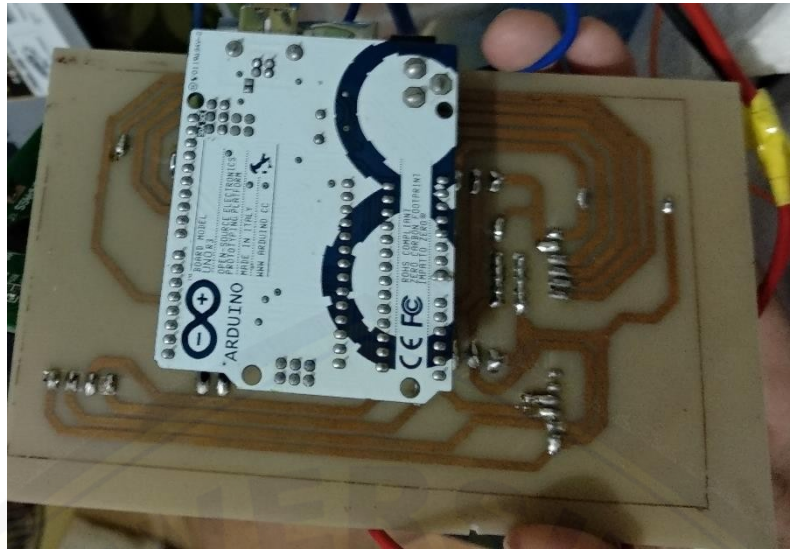
D.9. Channel beserta magnet yang telah dipasang



D.10. Baterai yang dirangkai seri



D.11. Rangkaian tampak atas



D.12. Rangkaian tampak bawah

